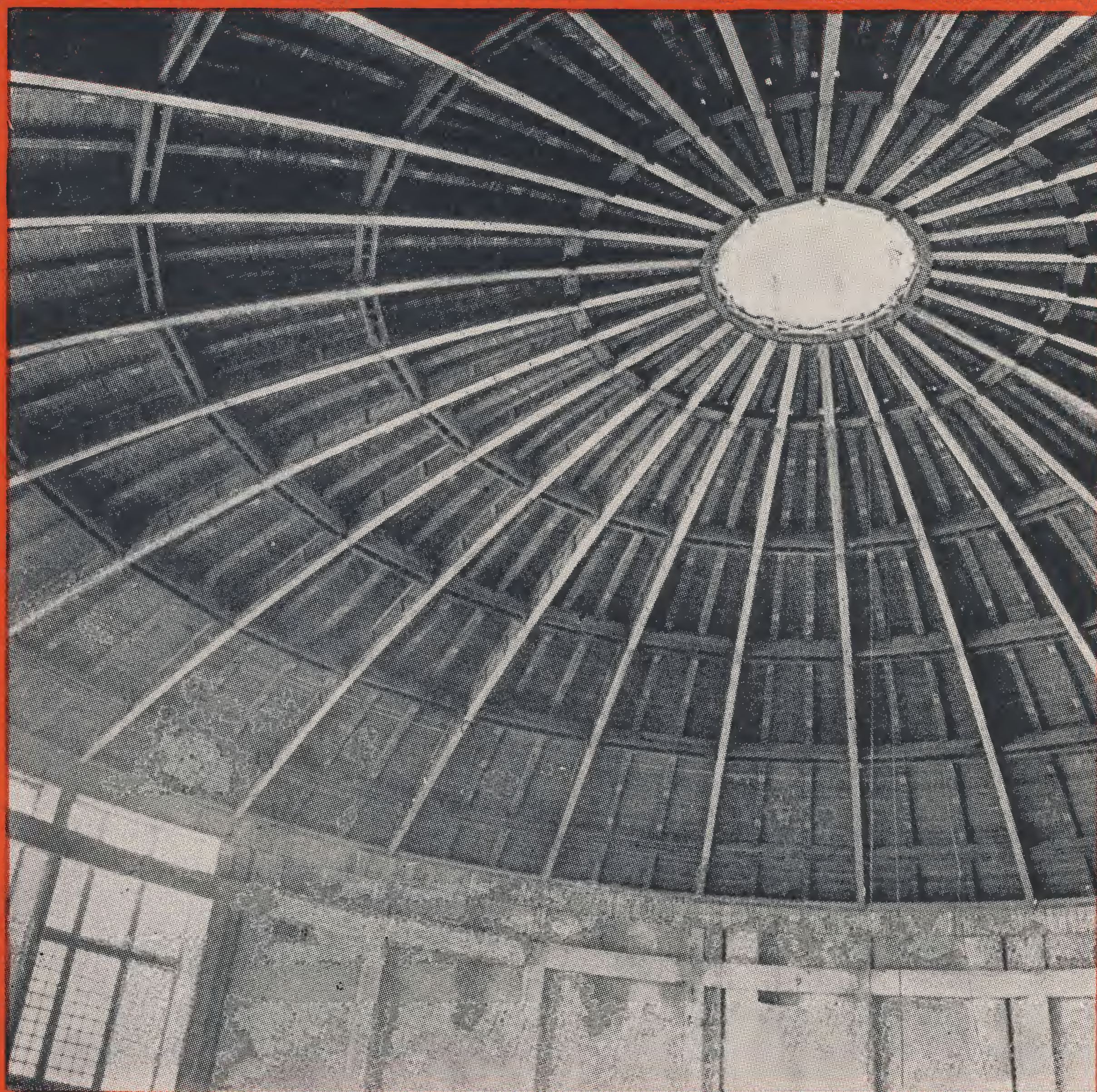
GRAĐEVINAR

3
ČASOPIS DRUŠTVA GRAĐEVINSKIH INŽENJERA I TEHNIČARA N. R. H.
GODINA IX
OŽUJAK 1957



KUPOLA BRODARSKOG INSTITUTA U ZAGREBU

Projekt: INŽENJERSKI PROJEKTNI ZAVOD — Ing. Tonković

IZVEDBA **„TEMPO"** ZAGREB

»GRAĐEVINAR«
GOD. IX. BROJ 3

SADRŽAJ:

SARADNICI!

OLAKŠAJTE RAD REDAKCIONOM ODBORU I UREDNIKU!

Ako želite da Vaš članak bude što prije objavljen, držite se uputa:

DVA PRIMJERKA tipkana na stroju potpuno spremna za štampu neophodno su potrebna;
tipkanje PROREDOM sa slobodnim RUBOM 5 cm ŠIRINE s lijeve strane omogućuje unašanje potrebnih korektura na jasan i pregledan način;
CRTEŽI IZRAĐENI TUŠEM jedino mogu da se upotrebe za izradu klišeja; slova i brojke na crtežima moraju biti tako veliki, da nakon smanjenja na format lista (8 odn. 16,5 cm širine) budu najmanje 1 mm visoki;
fotografije kontrastne na sjajnom papiru daju dobre klišeje;
popis crteža i slika s rednom numeracijom olakšava orijentaciju, pa se izbjegava zametanje; sve slike priložiti odvojeno od teksta;
jasno i koncizno izražavanje u duhu jezika olakšava čitanje i povećava razumljivost, a štedi i na skupocijenom prostoru u listu.
Više slika, manje teksta — Vašem će se radu pokloniti više pažnje!

Čitaoci traže više članaka na manje stranica; zadovoljite čitaoce, oni će Vam biti zahvalni!
Svi se objavljeni radovi honoriraju po tarifi, slike se računaju kao tekst.
RUKOPISI SE NE VRAĆAJU, zadržite za sebe kopiju!

Casopis izdaje: Društvo građevinskih inženjera i tehničara NRH, Zagreb, Berislavićeva ul. 6.
Glavni urednik: Ing. Ervin Nonveiller.
Tehnički urednik: Ing. Lida Zlatić.

Administracija: Zagreb, Berislavićeva 6 — Tel. 36-271 — Tek. račun kod Komunalne banke Zagreb 40-KB-4/Ž-1151

Tisak »TIPOGRAFIJA« grafičko-nakladni zavod, Zagreb



GRAĐEVINAR

GOD. IX OŽUJAK 1957 BROJ 3

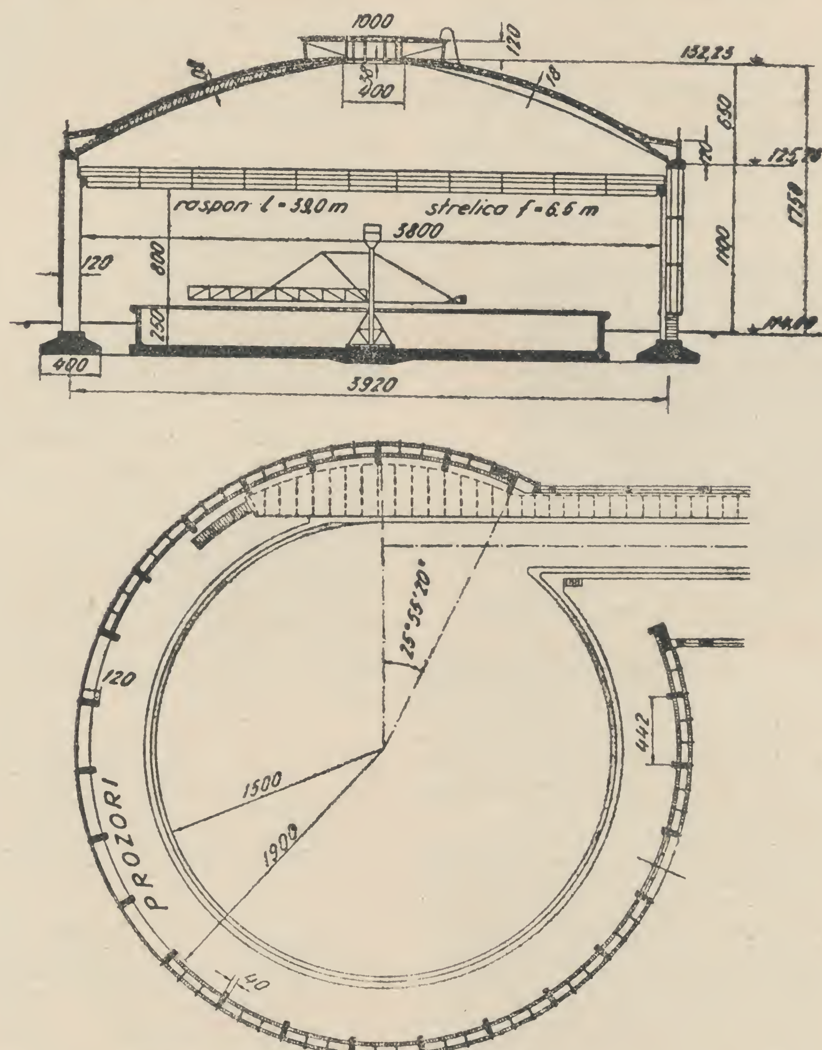
DRVENA KUPOLA U ZAGREBU

Ing. **Kruno Tonković**, docent, Zagreb

1 — Opći podaci

U kompleksu zgrada Brodarskog instituta u Zagrebu nalazi se kao konstruktivno samostalni objekt okrugla hala, na kojoj je izrađena drvena kupola, raspona 39 m. Zadatak je te hale da stvori zaštićeni prostor iznad okrugloga basena, koji ima promjer 30 metara. Okrugli oblik hale je funkcionalan, a nad njim je usto moguće projektirati nesumnjivo najekonomičniju krovnu konstrukciju — kupolu.

Visina zgrade proizlazi iz visine vrtuljka, koji će se po programu objekta smjestiti u sredinu basena. Iznad njega ostavljeno je prostora za prenosilo, koje se može po potrebi montirati na predviđenu gredu pri vrhu stupova. Prilikom projektiranja zgrade investitor nije mogao dati preciznu predodžbu o tome što će se sve odigravati u toj zgradi, a tako veliku halu općenito nije uputno ostaviti bez prenosila. Trošak pak osiguranja tih mogućnosti beznačajan je s obzirom na vrijednost objekta.



Sl. 1 — Okrugla hala

U okviru ovog izlaganja izostavljeno je opisivanje donje konstrukcije okrugle hale, na kojoj se kupola nalazi. Projekt hale izrađen je istodobno sa projektom kupole u Inženjerskom projektnom zavodu. Idejni projekt hale i kupole te glavni projekt i arhitektonsko oblikovanje kupole izradio je pisac ovog članka. Opći arhitektonski razlozi čitavog kompleksa zgrada zahtijevali su, da kupola bude što plića.

Za izvedbu kupole postojalo je nekoliko mogućnosti. U prvom redu, mogli smo izraditi kupolu od metala, drveta ili armiranog betona. Metalna konstrukcija ispala je odmah iz kombinacija, zbog oskudice na konstrukcionom čeliku. Bilo je nerazumno trošiti čelik na takve objekte. Od ostalih mogućnosti u idejnom su projektu bile razmotrene tri varijante, za koje su izrađeni relativno vrlo opsežni elaborati.

1. 1 Monolitna betonska varijanta.

Općenito poznato rješenje kupole je betonska ljuska, izrađena na mjestu. Međutim, ona zahtijeva naročitu točnost rada te izradu preciznih i skupih skela, jer joj treba dati pouzdano točan, sferičan oblik. Utrošak drveta za takvu skelu je velik, ali još teži su problemi oko postizavanja i kontrole točnosti oblika, te održavanja toga oblika za vrijeme rada i neminovnih kiša.



Sl. 2 — Primjer oplata za betonsku kupolu

Nadalje, ne mali problemi postoje s obzirom na potrebu da se izbetonira tanki sloj konstrukcije na relativno vrlo velikoj površini, te da taj bude jednolikog sastava i ugradbe betona. K tome postoji opća konstatacija u literaturi o betonskim konstrukcijama, da su takve kupole ekonomične samo onda, kada se radi za redom nekoliko jednakih kupola.

Postoji mogućnost da izvedemo Zeiss-Dywidag kupolu, bez skela, no taj način pogotovo traži izvanrednu preciznost u radu i slaganju armature, pa nismo držali uputnim forsirati, da se to ovdje ostvari po prvi put u našoj zemlji, i to odmah na rekordnom rasponu i sploštenosti. Radi se, naime, o posebnom načinu izrade, kod kojega mreža armature služi kao skela. Najprije se montira armatura pomoću skele, a kod betoniranja se rade postepeno od oslonca prema tjemenu niski prstenovi tako, da armatura uvijek nosi samo neznatni teret. Za oplatu se stavlja ozdo gusta mreža, pa se na njoj izradi beton. Mreža se po završetku skine i može se ponovno upotrebiti. Poteškoće oko takve izrade ne leže u statičkoj interpretaciji kupole, nego u teškoćama oko izrade (Dischinger). Teškoća je, na pr., da svaki novi prsten tvori krutu konstrukciju, dok je ostali dio mreže elastičan, te se skraćuje pod teretom, koji se nadodaje. Kod izrade treba svako križanje šipke vezati posebnim preciznim vezicama, koje moraju spriječiti pomicanje šipaka i t. d.

Drugi način izrade betonske kupole pomoću fiksnih skela i oplata — kako je uobičajeno — u stvari znači, da prvo treba izraditi vrlo točnu skelu, dakle solidnu drvenu konstrukciju, kao pomoćni objekt.

Nadalje, kod spomenutih betonskih kupola ne možemo se pouzdati u nepropusnost betona; stoga moramo predvidjeti izolacije i pokrov, kao na drvenoj ili čeličnoj konstrukciji. Predviđanje bituminoznog pokrova mjesto limenoga nailazi na zapreke, jer je nagib plohe različito strm. Betonske kupole treba i dobro toplinski izolirati, jer je vodljivost topline u betonu (0,77) mnogo veća od vodljivosti u drvetu (0.09). Na taj se način ne koristi dovoljno monolitnost plohe betona, što utječe na njenu ekonomičnost.

Ljuska projektirane betonske monolitne kupole bila je debela od 8 do 12 cm. Težina čitave kupole iznosi kojih 390 tona. Za izgradnju je potrebno otprilike 115 kubika betona i 22 tone čelika. Projekt je izradio Ing. J. Vukuša.

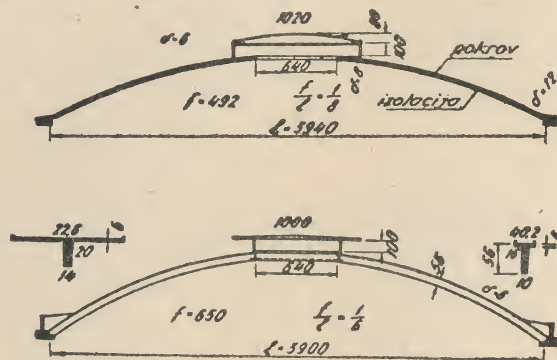
1. 2 Montažna betonska kupola.

Druga varijanta bila je montažna kupola od betona. Interesantno je, da na takvoj kupoli, koja je sagrađena u Karlsruhe, nisu na centralnom dijelu bili predviđeni nikakvi posebni pokrovi, iako kupola prekriva prostoriju crkve. To nam se stoga činilo naročito jeftinim, pa smo isprva predviđali, da će to biti najpodesnije rješenje, unatoč poteškoća, koje postoje u izradi preciznih kalupa za izradu montažnog elementa i u težini montažnog komada, koja ovdje iznosi otprilike 7 tona.

Kod izrade montažnih elemenata neophodno je potrebno, da su elementi preciznog oblika, jer se oni točno priljubljuju jedan uz drugoga na duljini od kojih 20 metara, po zakrivljenoj plohi. Preduvjet je za takvu kupolu, u prvom redu, uspjeh u točnim oblicima. Na obični način, pomoću drvenih kalupa, to se ne može postići. Zato je predviđeno, da se elementi rade u kalupu, koji se ne rastavlja, nego se gotovi elementi iz njega vade odizanjem.

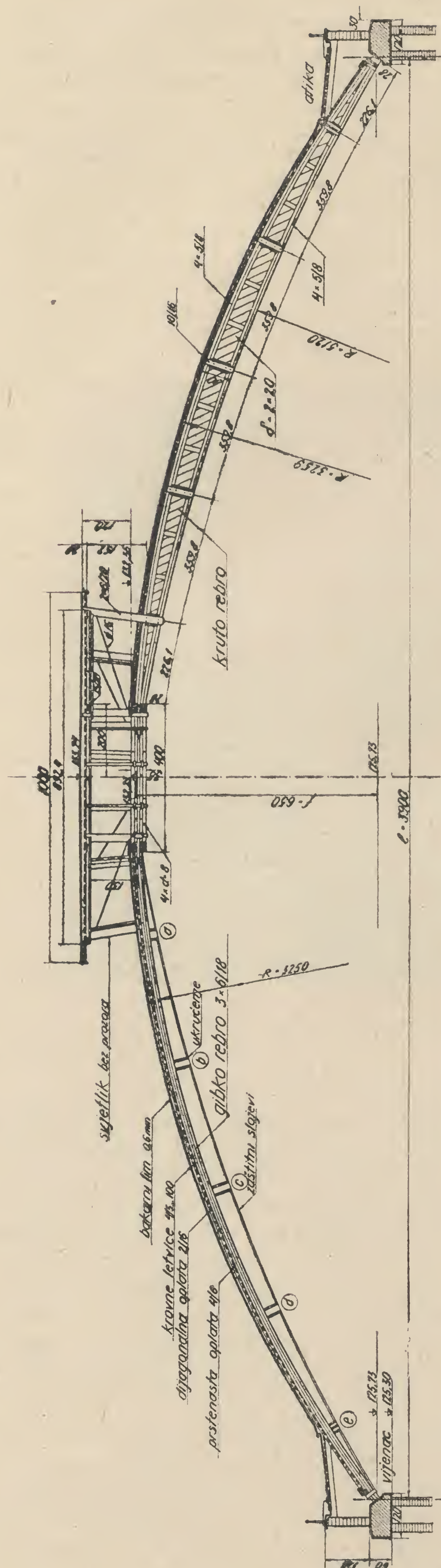
Kad se radi sa više kalupa, najprije se izradi odlivak od betona. Taj se odlivak nazvan patrica, brušenjem posve točno formira, pa se zatim upotrebi kao unutarnja oplata kod izrade betonskog kalupa matrice. Kad se beton matrice stvrdne, izvadi se patrica, a u betonu ostaje točan otisak modela.

U gotovoj konstrukciji rebra su pretežno napregnuta pritiskom, no prilikom montiranja ona su daleko nepodesnije napregnuta savijanjem, osobito kad naliježu kao slobodni nosači na dva ležaja na vijenac i na centralni toranj. Toga radi moraju rebra dobiti više armature nego što bi bilo potrebno za njihovu funkciju u gotovoj konstrukciji.



Sl. 3 — Idejne skice betonskih kupola

Konstrukcija je predviđena posve montažna, s montažnim žljebnjacima na reškama. Mogli smo, doduše, predvidjeti, da se spoj elemenata zabetonira na samom mjestu; time bi se olakšali montažni elementi, potrebna bi bila znatno manja točnost izrade, ali bi tada trebalo: izvesti skele i oplate za betoniranje rešaka, organizirati



Sl. 4 — Drvena kupola u Zagrebu

betoniranje na samom mjestu, izraditi pokrove od spomenutih zaštitnih slojeva, pa bi sve to učinilo konstrukciju još manje ekonomičnom.

Predno ti konstrukcije ovoga tipa i bile su u tome da ne treba skela i pokrova, jer za nju treba daleko više betona i armature nego za monolitnu.

Projektirana kupola sastojala se od 54 rebra. Težina čitave kupole iznosi 450 tona. Za izvedbu bi trebalo 277 kubika betona i 37 tona čelika.

1. 3 Drvena kupola.

Treća varijanta bila je drvena kupola. Prednosti su takve kupole relativna jednostavnost izvedbe, ekonomičnost i lakoća montiranja. U našim prilikama bilo je usto sigurno najlakše pronaći prikladno poduzeće, radnike i nadzor za izvedbu takve kupole. Nedostatak je te konstrukcije, da se može zapaliti i da nije toliko trajna.

Za konstrukciju je odabrana rebrasta kupola.

Odnos sploštenosti 1 : 6 izabran je najplići, koji se još za drvene kupole preporuča.

Zahtjev, da sunčane zrake ne stižu do vode u basenima, bio je razlog, da je krov svjetlika znatno isturen preko gornjega obruča.

Za izgradnju drvene kupole potrebno je oko 180 kubika hrastovine i 12 000 kg gvožđarije.

Na bazi gornjih razmatranja i podataka naš je zaključak u idejnom projektu bio, da odluka, kojoj ćemo se izvedbi prikloniti, ovisi više o tome, čime raspolažemo, nego o čemu drugome. U tom smislu dostavili smo sakupljene podatke Komisiji za reviziju projekata. Ta je komisija donijela odluku, da se izradi drvena kupola.

2 — Opći opis drvene kupole.

Prema prihvaćenom idejnom projektu izrađen je glavni projekt drvene kupole.

Po definitivnom projektu kupola je imala raspon od 39 m. Odnos sploštenosti je ostao 1 : 6. Strelica kupole je 6,5 m. Visina krutih rebara, koja je mjerilo stabilnosti kupole, odabrana je sa 1/50 raspona u sredini duljine rebra.

Svega su predviđena 54 gipka i 27 krutih rebara. Broj rebara odabran je s obzirom na raspon oplata pri dnu kupole. Promjer gornjeg obruča predviđen je izvana 400 cm, tako da su u njega mogla stati sva rebra kupole.

Projekt kupole obuhvatio je i vrlo opsežan geometrijski proračun točnih dimenzija sistema i elemenata konstrukcije.

Kupola je visoko kvalitetna konstrukcija, pa je trebalo obratiti osobitu pažnju na točnost izvedbe. U glavnom projektu su stoga dimenzije svih drvenih elemenata i pripadnih gvozdenih dijelova navedene u milimetrima. To znači, da je na važnijim mjestima trebalo elemente oblanjati prije ugradbe i definitivnog prirezivanja, odnosno pri ugradbi ih propiljivati i napinjati klinovima do potpunoga priljubljenja.

To je osobito važno za uspjeh rada i kvalitet konstrukcije, osobito zbog njezinog jednolikog prostornog djelovanja. Prilikom izvedbe ovoga objekta tako se i radilo, pa uspjeh posla nije izostao. To jasno pokazuju rezultati dobiveni prilikom otpuštanja skela i prilikom probnog opterećenja.

Takvo projektiranje drvene konstrukcije nije, nažalost, u našoj građevinskoj praksi uobičajeno,

ali je to sigurno nedostatak te prakse, a ne konstrukcija kao takovih. Nemarnost u izradi treba nemilice likvidirati, jer one znače beskorisno trošenje plemenitog materijala — drveta. Ispravno i moderno projektiranje drvenih konstrukcija ide općenito — i mora ići — u tom smjeru, koji omogućuje ekonomično dimenzioniranje i svrsishodnu upotrebu drveta u visokokvalitetnim inženjerskim konstrukcijama.

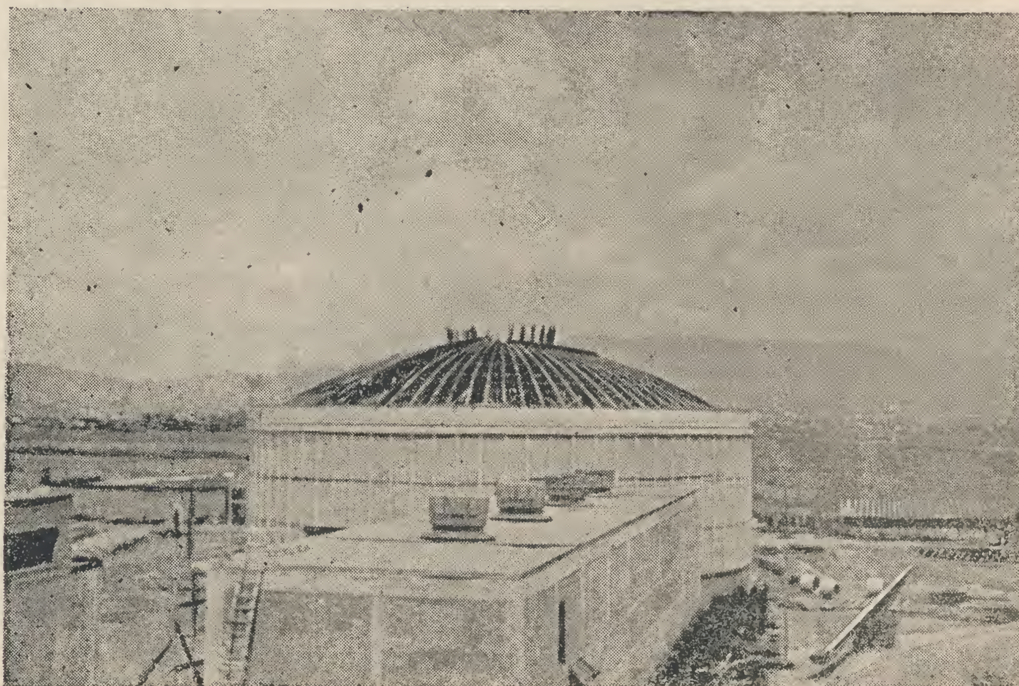
Svakako, za kupolu takvih razmjera kao što je ova bila bi potrebna osobita točnost i u svakom drugom materijalu, pa i u betonu. **Nema nikakva razloga, da se sa drvetom čine neumjesne iznimke.**

sjeka vijenca podešen je potrebama oslanjanja rebara kupole (vidi sliku pri kraju članka).

Vijenac kupole je zajednički dio konstrukcije kupole i sistema stupova donjeg dijela hale. On je naokolo monolitan.

Stupci hale temeljeni su na kontinuiranim temeljima, koji u tlocrtu imaju oblik potkove.

Prilikom betoniranja čitav vijenac bio je podjeljen na 7 sektora i izveden ovim redom: 1, 5, 2, 6, 3, 7, 4. Duljina sektora iznosila je kojih 18 m. Pregrade su izrađene od letvica, koje su stavljene između šipaka armature. Između sektora je procjep od 50 cm, koji je naknadno zabetoniran. Predviđen je kvalitet betona M-220 s armaturom St 37.



Sl. 5 — Kupola u izgradnji

Konstrukcija kupole predviđena je od hrastovine, pretežno druge klase; samo su pojedini dijelovi traženi od prve klase drveta. Kod izbora građe osnovni je uvjet bila dovoljna prosušenost drveta; traženo je da vlaga bude svakako ispod 19%, a po mogućnosti i ispod 17%.

3 — Konstruktivni detalji

3. 1 Vijenac i donja konstrukcija

Drvena konstrukcija kupole povezana je pri dnu armiranim betonskim vijencem. Stvarno, na vijenac se oslanjaju samo rebra kupole, dok oplate završavaju ranije. Rebra su oslonjena preko čeličnih papuča, usidrenih u beton pomoću sidara.

Vijenac kupole je izrazito vlačni elemenat. Šipke armature, koje preuzimaju vlačnu silu nastavljaju se samo na preklop. Osim na vlak vijenac je napregnut i na savijanje od težine atike, vlastite težine i pritiska od gipkih rebara. Oblik pre-

3. 2 Gipka rebra

Između krutih rebara nalaze se po dva gipka rebra. Ta su rebra projektirana kao Emyjevi lukovi, od ploštimice složenih platica.

Gipka rebra predviđena su da preuzimaju samo tlačne, meridijalne sile. Zbog velike gipkosti ona su oslonjena na pet prstenastih ukrućenja, koja ih povezuju s krutim rebrima. Time je duljina izvijanja gipkih rebara smanjena na osnovnih 3,6 m.

U projektu je kao sistemna površina kalote kupole uzeta os rebra, koja je dio kružnice radiusa 32,5 m.

Svako rebro sastavljeno je od tri platice profila 6/18 cm. Zbog velike duljine rebra, od kojih 19 m, trebalo je nastavljati platice pojedinoga sloja tako, da se svaki sloj sastoji od četiri platice, a najdulja platica je duga 6,8 m. Nastavci platica razmješteni su naizmjenično.

Odnos debljina platica prema radiusu zakrivljenosti iznosi 1 : 540. Zbog tako blage zakrivljenosti nisu bile predviđene nikakve naročite mjere za savijanje platica. U izvedbi se nije kod toga rada naišlo na teškoće.

U projektu je bilo predviđeno, da se platice spoje sa 75% drvenih trnova i 25% vijaka. Nažalost, u izvedbi se poduzeće odlučilo da mjesto trnova upotrebi samo vijke profila 5/8". Time je spoj platica u luku doduše znatno poboljšan, s obzirom na mogućnost rastavljanja jedne platice od druge, ali za nosivost luka to nije bio dobitak. Osim toga, time se nepotrebno povećao (3,4 t) utrošak čelika. Sumnja u djelovanje trnova i bojazan izvođača, da bi se lukovi nakon umetanja spajala mogli ispraviti, pokazala se prilikom izvedbe neosnovanom, što se i očekivalo.

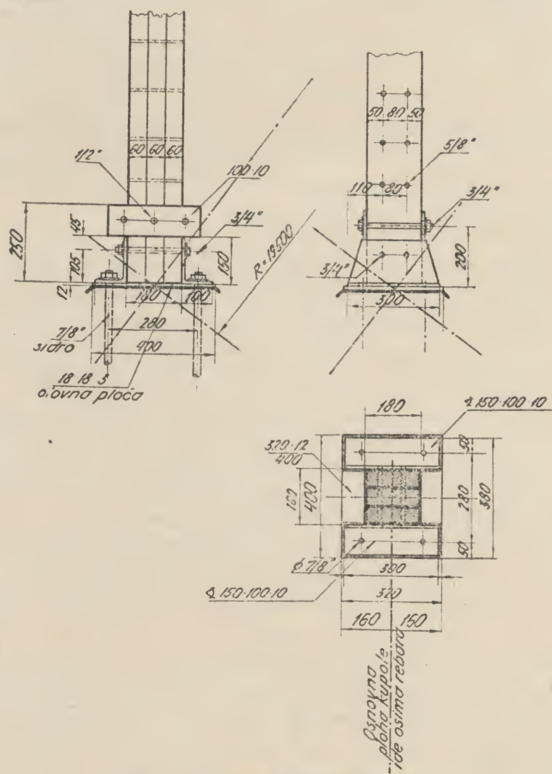
Sl. 6 — Gipko rebro

Na mjestima nastavaka platica stavljene su dvostruke uske vezice, tako da se čavli prstenaste oplate mogu zabiti u rebro.

Na gornjem kraju srednja platica rebra toliko je produljena, da ulazi između oba dijela gornjeg obruča.

Na donjem kraju, kod vijenca kupole, pojačano je rebro vezicama i ugaonicima, pa se oslanja na čeličnu ležajnu ploču, kojom se sila u luku rasprostire na veću površinu betonskog vijenca. Između drveta i ploče umetnut je sloj olova, a između vijenca i ploče ostavljena je reška široka osnovnih 2 cm, koja je zalivena cementnim mortom. Tom se reškom izravnaju netočnosti vijenca i omogućuje podbijanja rebara kod ugradbe gornjeg obruča.

Rebra su rađena na ravnoj, točno horizontalnoj podlozi, koja je bila posve čvrsta, tako da u radu nije dolazilo ni do najmanjih pomicanja šablona. Radno mjesto bilo je pokriveno i zaštićeno od kiše i sunca.



Sl. 7 — Ležaj gipkog rebra

Točnost oblika rebara kontrolirana je kod izrade svakoga rebra. Osnovne su oznake bili čavli na pilotima, koji su bili zabijeni u tlo. Osnovni pravac izmjere bila je čelična žica, napeta po glavnoj tetivi rebra.

Za konstrukciju je osobito važno, da sva rebra budu posve jednoliko izvedena, kako se ne bi dogodilo, da neka rebra kupóle, zbog veće krutosti budu preopterećena, a druga da ostanu slabije opterećena. Tako bi moglo doći do nejednolikoga rada prostornog sistema kupole, a upravo to je ono što, prije svega, u konstrukciji treba izbjeći.

Gipka rebra bila su kod izvedbe savijena nešto jače od projektiranog oblika, jer se računalo sa stanovitim popuštanjem zakrivljenosti, do kojeg je moralo doći zbog podatnosti spajala. Veličina tih popuštanja procijenjena je unaprijed sa kojih 50 mm u sredini duljine rebra. Prema krajevima to se nadvišenje linearno smanjivalo do nule. Svako je rebro, naravno, mjereno nakon otpuštanja iz šablone, da se ustanovi ovo popuštanje. Kod toga je mjerena strelica i glavna tetiva.

Prosječno je popuštanje iznosilo 30 mm; predviđeno nadvišenje bilo je dakle povoljno odabrano, pa ga nije trebalo korigirati. Kod ocjene veličine nadvišenja uzeta je u obzir i činjenica, da oblik popušta u duljem vremenskom razdoblju.

Na šablonama su markirane ordinate luka, kod kojih se ugrađuju vijci, i ordinate luka, koje on mora imati nakon što je otpušten.

Veličina potrebnog nadvišenja i izobličenja može se ovako razlučiti:

1 — Osnovni oblik kružnog luka. Radius osi luka R = 32,5m

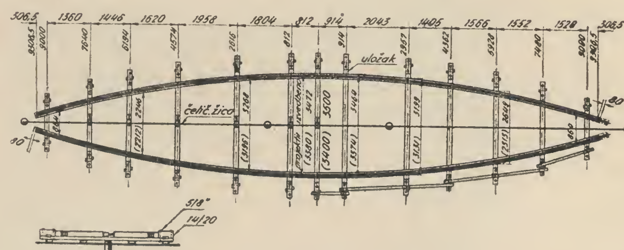
- a — Nadvišenje na taj oblik zbog nadvišenja, koje ćemo dati krutom rebru radi progiba toga rebra. Uzeto je 5 cm.
- b — Nadvišenje zbog djelovanja sila elastičnosti drveta, koje teže, da silom savijene platice opet isprave u početni oblik. Predviđeno je 5 cm.

2 — Osnovna duljina luka u osi zajedno sa duljinom istake srednje platice pri vrhu, koja ulazi u obruč, iznosi L_0 = 19 193 mm. Ta je duljina kontrolirana mjerenjem duž stvarne osi luka i mjerenjem tangente i strelice.

- a — Povećanje duljine luka zbog nadvišenog oblika čitave kupole uzeto je 4 cm.
- b — Povećanje duljine luka zbog nadvišenog oblika krutog rebra.
- c — Privremeno povećanje duljine luka kod izrade samoga rebra, zbog netočnosti u radu i mogućnosti priljubljivanja na obruč.

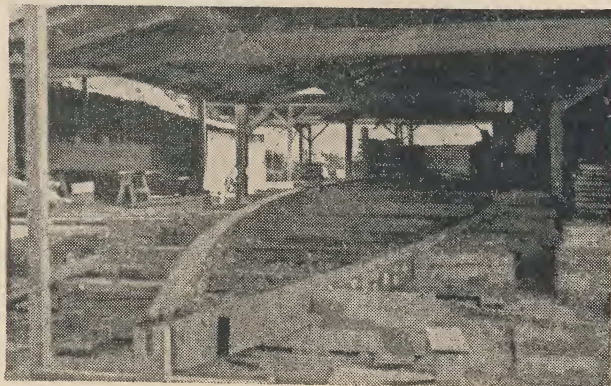
Da se spriječe štete od pucanja platica na krajevima luka, određeno je, da se krajevi ostave nešto dulji i da se platice na vrhu okuju protiv raspucavanja. Vrhovi su obrađivani tek prilikom montiranja na svoje mjesto u kupoli.

Za djelovanje gipkih rebara važno je, da u nastavcima platice budu posve priljubljene — čelo u čelo. Točan je rad potreban zato, da ne dođe do preopterećenja pojedinih platica luka i do mijenjanja smjera sila u luku, koje bi prouzrokovale vertikalne komponente tlačnih sila i mogle dovesti do neugodnih deformacija sistema. Da bi se tome posvetila što veća pažnja, u uputama za izradu rebara ta je faza izrade tretirana odvojeno od ostaloga rada. Platice su bile sloj po sloj prethodno savijene u točno propisani oblik i krajevi, koji se sudaraju, odrezani prvo približno, a zatim uz propiljavanje reške pilom i nabijanjem sa strane dovedeni do posvemašnjeg priljubljenja. Tom prilikom platice su numerirane sa brojem rebra, brojem sloja u luku, platice u sloju, te strane, na koju ih treba okrenuti, a ujedno je odmah građa izabrana tako, da su kvalitetno slabiji komadi stavljeni u srednji sloj.



Sl. 8 — Šablona za savijanje gipkih rebara

Rebra su zatim sastavljena u posebnim šablonama i izrađivana u parovima. Šablone su bile začavlane na podu. Ta je veza bila dovoljna, jer se tokom radova nije moglo ustanoviti nikakvo pomicanje šablona. Oblici su kontrolirani kod izrade svakoga para rebara. Šablone su izrađene od hrastanovine, jer od mekog drveta ne bi bile dovoljno točne i trajne.



Sl. 9 — Izrada gipkih rebara pod krovom

Kad su platice u jednom nastavku bile točno pritisnute jedna o drugu — točnost je kontrolirana »špijunom« — povezane su odmah provizorno, da se ne razmiču za vrijeme dok se sastavlja drugi nastavak.

Na osnovu podataka o utjecaju veličine izbušenih rupa za vijke odabrano je za bušenje svrdlo profila 15 mm. Bušilo se električnim bušilicama sa spiralnim svrdlima za drvo i svrdlima za čelik. Svrdla za čelik nisu podesna, jer ona ne izbacuju dovoljno strugotine, pa treba nekoliko puta izvlačiti svrdlo iz rupe, a usto se ona jako ugriju. Svrdla su brušena na gradilištu, ali je kod toga određena točna tolerancija u istrošenosti, nakon koje se svrdlo moralo zamijeniti novim. Ovo je bilo važno samo kod svrdala za drvo, koja su nakon dva tri brušenja postala neuporabiva (smanjenje za skoro 1 mm). Veoma važno je bilo, da rupe budu okomite na tangentu luka.

Sl. 10 — Kruto rebro

Rupe na mjestu čeličnih vezica bušene su pola s jedne, pola s druge strane, da se time izbjegnu netočnosti izlaska rupe u donju vezicu, zbog kojih puca svrdlo, a usto se nepotrebno proširuje rupa u vezici. Nažalost, sve su vezice dobavljene s izbušenim rupama; bilo bi bolje, da se u donjim vezicama bušila rupa istodobno s rupom u drvetu.

Glave vijaka stavljene su s unutarnje strane luka tako, da se vijci mogu naknadno pritezati i da su što manje oslabljene oplate.

Nakon otpuštanja rebro je pomaknuto malo u stranu, ponovno savijeno na propisani oblik s nadvišenjem, a tada su izbušene rupe i stavljeni preostali vijci, koji su se nalazili na mjestu šablona.

U projektu je bilo sugerirano poduzeću, da savijeno drvo, parenjem oslobodi od naprezanja ali do toga nije došlo.

3. 3 Kruta rebra

Kruta rebra projektirana su kao daščani nosači sa hrptom od unakrsno složenih dasaka, debelih 20 mm. Daske hrpta široke su u srednjem dijelu 20 cm; prema krajevima luka širina se povećava na 25 cm, a pri samom kraju stavljena je daska široka 30 cm.

Pojasi su izvedeni od četiri letve profila 5/8 cm. Letve su predviđene , jer jednu platicu široku 16 cm teško bi bilo saviti u potrebnu liniju intradosa, odnosno ekstradosa. Ako bi pak uzeli širu platicu, pa iz nje izrezali točan oblik, tom bi prilikom prerezali vlakna i bitno oslabili svojstva drveta.

Između pojasa stavljena su radijalno ukrućenja; u svemu onako kako je to uobičajeno kod daščanih nosača. Daske hrpta zakovane su odgovarajućim brojem čavala s unutarnje strane nosača o letve pojasa, a daske jednoga i drugoga sloja hrpta spojene su međusobno po sredini visine sa po četiri čavla.

Na crtežima je dan načelan razmještaj čavala za spoj hrpta i pojasa: 2 x 80 čavala po metru dužine. Prema sredini rebra broj se čavala smanjuje na 2 x 50, odnosno na minimum 2 x 40 komada po metru.

vlačni nastavak

tlačni nastavak

Sl. 11 — Razmještaj spajala u krutom rebru

Debljina čavala odabrane su prema direktivama za čavlane spojeve s obzirom na dimenzije dotične građe.

Na taj se način kruto rebro sastoji od dvije uzdužne polovice, koje su na svakih pola metra povezane vijcima profila 1/2", koji prolaze kroz rešku pojasnih letava.

Nastavci pojasa izvedeni su pomoću čeličnih vezica. Po projektu je bilo predviđeno, da vezice gornjeg pojasa budu drvene, duge 100 cm, a prikovane čavlima na pojase. Takve su vezice podesne zbog svoje krutosti, a pojas je tlačni element. Promjena projekta nije bila poželjna, a time je usto nepotrebno povećana količina čelika. Na donjem pojasu vezice su projektirane kao izraziti vlačni nastavci i izvedene su duge 142 cm, profila 8/60 mm. Sile se u vezice prenose pomoću vijaka profila 1/2". Budući da su nastavci simetrični s obzirom na vertikalnu os nosača, to vijci prolaze skroz i ujedno međusobno vežu obje polovine rebra.

Najduža letva pojasa krutog rebra duga je 5,4 m.

Duž duljine rebra nastavci su razmješteni naizmjenično tako, da nastavak ni jedne letve jedne polovine rebra ne pada zajedno s nastavkom druge letve, naravno, u okviru nastavljanja simetričnih letava u parovima.

Preko vijaka u nastavcima i ostalih vijaka, smještenih u rešku letava, te preko čavala u sredini visine hrpta obje pole rebra dovoljno su pouzdano međusobno pričvršćene, da ne mogu djelovati odjelito, jedna bez druge. Ta je veza još pojačana dodatkom donje daske ispod donjeg pojasa, koja je stvarno dio donje oplate, a njom je znatno pojačana stabilnost donjeg pojasa rebra u poprečnom smjeru. Gornji pojasi povezani su prstenastom oplatom.

Linija intradosa rebra je kružni segment radiusa 51 200 mm, a linija ekstradosa segment kružnice radiusa 32 590 mm. Visina krutog rebra najveća je u sredini duljine rebra, a iznosi 800 mm; pri krajevima se visina rebra smanjuje na 280 mm. Zbog toga se gornje letve gornjeg i donjeg pojasa moraju potesati od 8 na 6 cm pri krajevima rebra.

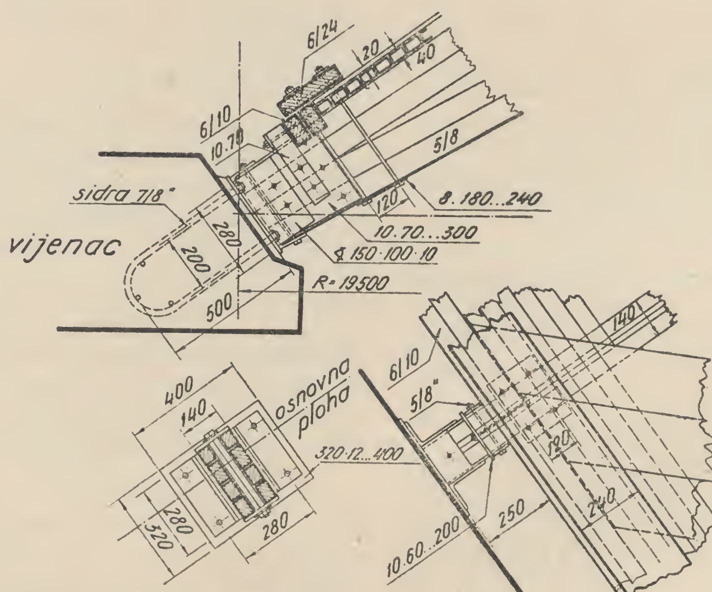
U procjep između gornjih obruča kupole ulazi donja letva gornjeg pojasa, koja je toga radi ostavljena dulja od ostalih. Ostali dijelovi pojasa upiru se čelom neposredno u gornji obruč.

Na donjem kraju, gdje rebro leži na vijencu kupole, ležaj je pojačan čeličnim pločama i uganicima.

Zbog boljeg nalijeganja drveta na čelične plohe umetnuto je između njih olovo debelo 5 mm. Budući da na tom mjestu završavaju obje oplate kupole, sa svake je strane ležaja postavljeno po jedno plosno gvožđe, koje viri iznad gornje plohe rebra za visinu obih oplata. O njega će se osloniti krajnji elementi oplata.

Projektirana kruta rebra sposobna su da preuzimaju i momente savijanja, koji bi mogli nastati u konstrukciji tokom njenog trajanja, a podesna su zbog te svoje osobine i zato, jer se mogu iskorišćivati prilikom montiranja kupole kao šablone točnog oblika kupole. Ona su usto toliko jaka, da mogu, prije nego se otpuste skele, nositi: sebe, oplate i gipka rebra na rasponu od vijenca do gornjeg obruča kupole.

Krutost rebara, dakle, i te kako iskorišćujemo, unatoč toga, što se po podacima statičkoga proračuna čini, da nije tako. Iskorišćujemo je za postizavanje što točnijeg oblika kupole kao i za postizavanje dovoljne sigurnosti ljuske kupole što se tiče njene stabilnosti. Ta su rebra osobito važan elemenat za održavanje oblika kupole, koji je od pri-



Sl. 12 — Ležaj krutih rebara

marne važnosti za nosivost, jer se konstrukcija može dovesti do sloma tek kad izgubi svoj pravilni prostorni oblik.

S obzirom na veliku važnost oblika, sve su izmjere rebra dane s milimetarskom točnosti. Koordinatni sistem je kod iscrtavanja oblika bila spojnica centara luka u ležajima na osnovnoj plohi i simetrala luka. Uz osnovne mjere dane su i kontrolne mjere, tako da su se prilikom izvedbe mogli izvesti zagarantirano točni oblici.

U osnovnom projektu dane su koordinate bez nadvišenja, jer je to ono što želimo dobiti. Razumljivo je, da se prilikom izvedbe elementi moraju izvesti toliko deformirani, da tek kasnije, u definitivnoj konstrukciji, zadobiju projektirane kote i oblike. (Vidi podatke kod gipkih rebara.)

Kruta rebra rađena su na tesarskom podu, na kojemu su točno fiksirane tetive rebara s tankom čeličnom žicom. Za točnost rada osobito je važno, da pod bude posve nepokretan, točno ravan i horizontalan.

Najprije je nacrtan na podu oblik rebara. Predviđeno izvedbeno nadvišenje odabrano je sa 5 cm u sredini duljine rebra, a prema krajevima se ono postepeno smanjuje do nule. Kod crtanja uzeto je u obzir i potrebno produljenje rebra, zbog predviđenog izvedbenog nadvišenja kupole.

Na podu su nacrtane linije obaju pojaseva i položaj radijalnih ukrućenja rebra. Zatim su stavljene poprečne platice debele 6 cm, tako da se rebro slaže nešto poviše od poda, da bi se reške mogle propiljavati sa pilom. Na platice postavljene su duž intradosa i ekstradosa rebra, s vanjskih strana, šablone od letava profila 5/8. Za vrijeme radova kontrolirani su oblici kod svakog rebra, pa je jednom trebalo korigirati oblik.

U šablone je uložen najprije sloj po sloj letava pojasa. One su privremeno razupirane u savijeni oblik i nastavci propiljavanjem dovedeni do posvemašnjeg priljubljenja. Sa krajeva su letve tom prilikom razupirane pomoću klinova. Zatim su pojasi numerirani, izvađeni i premazani karbolineumom, a tada ponovno složeni svi zajedno u šablone i definitivno razuprti sa čela klinovima, a po sredini radijalnim ukrućenjima. Kod umetanja ukrućenja također se vodilo računa o tome, da se ukrućenja tijesno priljube o pojase.

Nakon toga su se stavljale daske hrpta, i to najprije krajnje daske na ležajima rebra, a zatim ostale. Položaj čavala obilježavan je linijama čavala paralelnim rubovima rebra, a zatim su čavli zabijeni tako, da susjedni čavli ne padnu u isto vlakno.

Da daske hrpta ne bi pucale kod zabijanja čavala, bušene su kroz njih rupe, ali samo za čavle krajnjega reda i za čavle krajnjih dasaka hrpta. Profil rupa bio je nešto tanji od profila čavala. Rupa je bušena samo kroz dasku hrpta; to je osigurano točno određenom duljinom svrdla, tako da nije moglo doći do griješke. Brzina toga nabušivanja bila je tolika, da ni šest ljudi, koji su zabijali čavle, nije moglo stići onoga, koji je električnim svrdlom bušio rupe. Za izradu jedne pole krutog rebra trebala su tri tesara pola dana.

Polovine rebra, izrađene u šablonama, spajane su zatim u krute lukove na posebnim nogarima, na kojima su rebra stajala u osovljenom položaju. Rupe za vijke, koji spajaju polovine rebara, bušene su spiralnim svrdlom za čelik, jer se moglo naići na čavle, pa bi svrdlo za drvo pucalo.

Nakon povezivanja vijcima zabijeni su čavli u sredini hrpta. Tom prilikom konstatirano je, da pocinčani čavli imaju tako debeo vrh (posljedica kupanja u cinku), da kod izbijanja na stražnju stranu otkinu trijesku od daske hrpta. Toga radi trebalo je izbrusiti vrhove čavala, da budu oštri. Dio čavla, koji je izbio na stražnju stranu, zavijen je okomito na vlakna.

Naročita pažnja posvećena je točnoj izradi donjeg ležaja rebra. Za taj posao odabrani su najbolji tesari.

Kako je bilo predviđeno, da će se upasivanje u gornji obruč izvesti nakon montiranja svih rebara, to se prilikom izrade rebara ostavio gornji kraj rebra neobrađen i dulji od projektiranih izmjera.

Dovršeni kruti lukovi položeni su zatim pomno u ležećem položaju i zaštićeni od nevremena i sunca. Prilikom pregleda prije montiranja nisu na njima konstatirana oštećenja.



Sl. 13 — Montirana rebra

3. 4 Prstenasta oplata

Povrh rebara i poligonalnih ukrućenja postavljena je prvo prstenasta oplata. To je sloj savijenih letava profila 4/6 cm u prosjeku. Šire letve od 6 cm uzrokovale bi veće poteškoće kod savijanja. Letve leže prstenasto po paralelama kalote kugle, koja čini kupolu.

Čitava oplata imade 312 redova letvica. Pojedine letvice duge su 1,9 do 4,5 m. Nastavci letvica točno su određeni i nalaze se samo nad rebrima, a tako su razmješteni, da nastavci susjednih redova ne padaju zajedno.

Letvice prstenaste oplate prikovane su čavlima na rebra kupole. Na mjestima, gdje se nastavljaju, letvice su i međusobno povezane čavlima.



Sl. 14 — Uređaj za grijanje letava na gradilištu

Na donjem kraju ova oplata završena je sa dva reda nešto debljih letava, profila 2 x 6/10 cm. Na njima započinje ugradba oplate. Ove letve zahvataju i visinu dijagonalne oplate, a na mjestima gdje prelaze preko rebara urezane su za 4 cm. Početna dva reda krajnjih letava spojena su pomoću vijaka sa spomenutim plosnim gvožđem ležaja. Nad rebrima gdje letve oplate leže neposredno na gornjim površinama drveta trebalo je letve, kod gipkih rebara, na mjestima glava vijaka izdupsti za veličinu tih glava. Kako su letve i tako dimenzionirane s pola presjeka, nije to oslabljenje značajno. Usto se kod izvedbe pazilo, da udubine budu što manje.

I za savijanje prstenaste oplate izradio je projektant detaljne upute, koje, nažalost, prilikom izvedbe nisu bile posve ostvarene. Međutim, uspjeh rada je ipak bio nesumnjiv; jedino su ostali nepoznati neki rezultati i okolnosti, koje su općenito interesantne za prostorne drvene konstrukcije.

Letve oplate jako su zakrivljene, naročito gornjih 60—70 redova. Podesno je, da s povećanjem tlocrtne zakrivljenosti pada stupanj prostorne zakrivljenosti letava.

Savijanje letava provedeno je postupkom, koji je uobičajen u produkciji predmeta od savijenog drveta. Taj je postupak bio veoma jeftin i jednostavan, a proveden je na gradilištu sa dva kuhinjska kotla, improvizirana za ove potrebe.

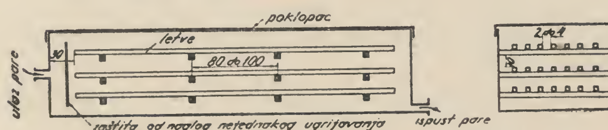
U principu postupak je ovakav:

a — drvo se ugrije pomoću pare na temperaturu od 50 do 70°C,

b — drvo se savije u kalupima u određene oblike,

c — drvo se suši u kalupima, i to u posudi i u zaklonu,

d — drvo se izvadi iz kalupa i propisno spremi do časa upotrebe.



Sl. 15 — Posuda za grijanje letava

Prije rada pokusima je trebalo odrediti ove podatke:

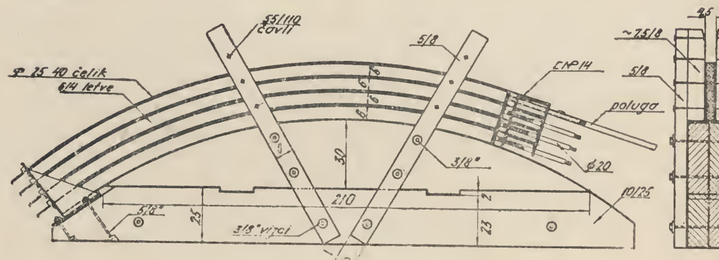
Najpodesnija temperatura pare kod ulaska u komoru i izlaska iz nje, s obzirom na težnju, da drvo tom prilikom primi što manju količinu vode, da se jednoliko ugrijava, a da se ne ugrije suviše naglo.

Najpovoljnija temperatura drveta za savijanje, s obzirom na težnju, da to što manje utječe na nosivost i trajnost drveta.

Potrebno vrijeme držanja u posudi; ustanovljeno je sa otprilike 3 sata.

U posudi su letve razmaknute jedna od druge.

U šablonama je drvo držano također kojih 3 do 4 sata.



Sl. 16 — Šablona za savijanje letava

Šablone su projektirane na principu, da se u samom drvetu ne pojavljuju vlačna naprezanja prilikom savijanja. To se postiže na taj način, da se uz letvu stavi tanko plosno gvožđe, te se prije savijanja pomoću vijka, koji je o njega pričvršćen, proizvede u drvetu pritisak potrebne veličine. Prilikom savijanja u drvetu će se javiti samo tlačni naponi.

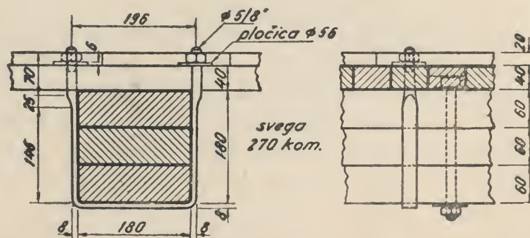


Sl. 17 — Shema naprezanja kod savijanja letava

Nakon savijanja drvo je stavljeno 24 sata u kalupe, a zatim je pažljivo spremljeno u šupi.

Kod sušenja trebalo je paziti, da brzina isušivanja nije prevelika i da sušenje bude jednoliko.

Budući da se taj postupak pokazao vrlo jednostavan i jeftin, bilo je podesno saviti i ostale letve, koje su inače znatno manje zakrivljene od onih u gornjih 65 redova. To se isplatilo učiniti, jer se tada oplata može mnogo brže ugrađivati.



Sl. 18 — Spone za vezu oplata i rebara

Nakon postavljanja prstenaste oplate ugrađeni su posebni obruči, koji vežu tu oplatu s gipkim rebrima i tako osiguravaju bolju povezanost donjeg skeleta konstrukcije s oplatama. To je osobito važno za slučaj, da se drvo oplate provlaži i izbaci iznad rebara.

3. 5 Dijagonalna oplata

Na sloj prstenaste oplate dolazi jednoslojna dijagonalna oplata od dasaka debelih svega 2 cm. Taj sloj prostorno ukrućuje kupolu i preuzima posmične sile. Smjer kosine dijagonalne oplate predviđen je 45^0, a mijenja se na svakom krutom rebru, na jednu pa na drugu stranu.

Daske oplate pribijene su žičnim čavlima o prstenastu oplatu. One ne smiju biti široke, jer su vitopereno ugrađene. U projektu je širina tih dasaka predviđena sa 16 cm i to sve daske jednako široke. Tada je najlakše rasporediti i čavle.

Pri vijencu postavljena je preko krajeva dasaka ove oplate platica profila 6/24, koja ide prstenasto po kraju oplata i povezuje preko vijaka kraj oplata s rebrima. Vijci prolaze uz rebro, jer je ono na tome mjestu pod najvećim pritiskom.

Izvedba dijagonalne oplate ne pokazuje ništa što bi trebalo naročito istaknuti. To je u svemu najjednostavniji elemenat kupole.



Sl. 19 — Ugrađivanje prstenaste oplate

3. 6 Svjetlik

Krovna konstrukcija svjetlika predviđena je od dva sloja unakrsno složenih dasaka debelih po 3,5 cm, koji tako čine roštiljni nosač.

Daske krova jednako su široke, inače bi bilo teškoća kod nastavljanja. Razmještaj nastavaka točno je određen. U srednjem dijelu krova posve su iskorišteni dopušteni naponi, a progibi dasaka su maksimalni. Zbog toga su prilikom izvedbe daske u srednjem dijelu znatno nadvišene, toliko, da je taj dio dobio kupolasti oblik, a stvarni progibi dasaka jedva su se mogli primijetiti.

Daske krova spojene su međusobno žičnim čavlima. Na krovu izvan vanjskog obruča stavljeno je otprilike dvostruko više čavala nego na unutarnjem dijelu. Na nastavcima dasaka predviđeno je minimalno 6 čavala. Daske su na nastavcima skošene pod 45^0.



Sl. 20 — Slaganje rebara u obruču

Nad daskama stavljene su u kratkim komadima krovne letvice različitih visina, tako da pokrov lima ima unaokolo nagib od barem 1%.

Preko letvica položen je bakreni lim debeo 0,65 mm. Centralni kružni dio lima izdignut je za 8 cm, pa je na sastavku donje i gornje plohe izrađen odušak za ventilaciju.

S donje strane krova stavljen je sloj drvolita kao toplinska izolacija, a ozdo ispod njega 3 mm debele ploče od plastične mase juvidur, koje su mjedenim vijcima pričvršćene o krov.

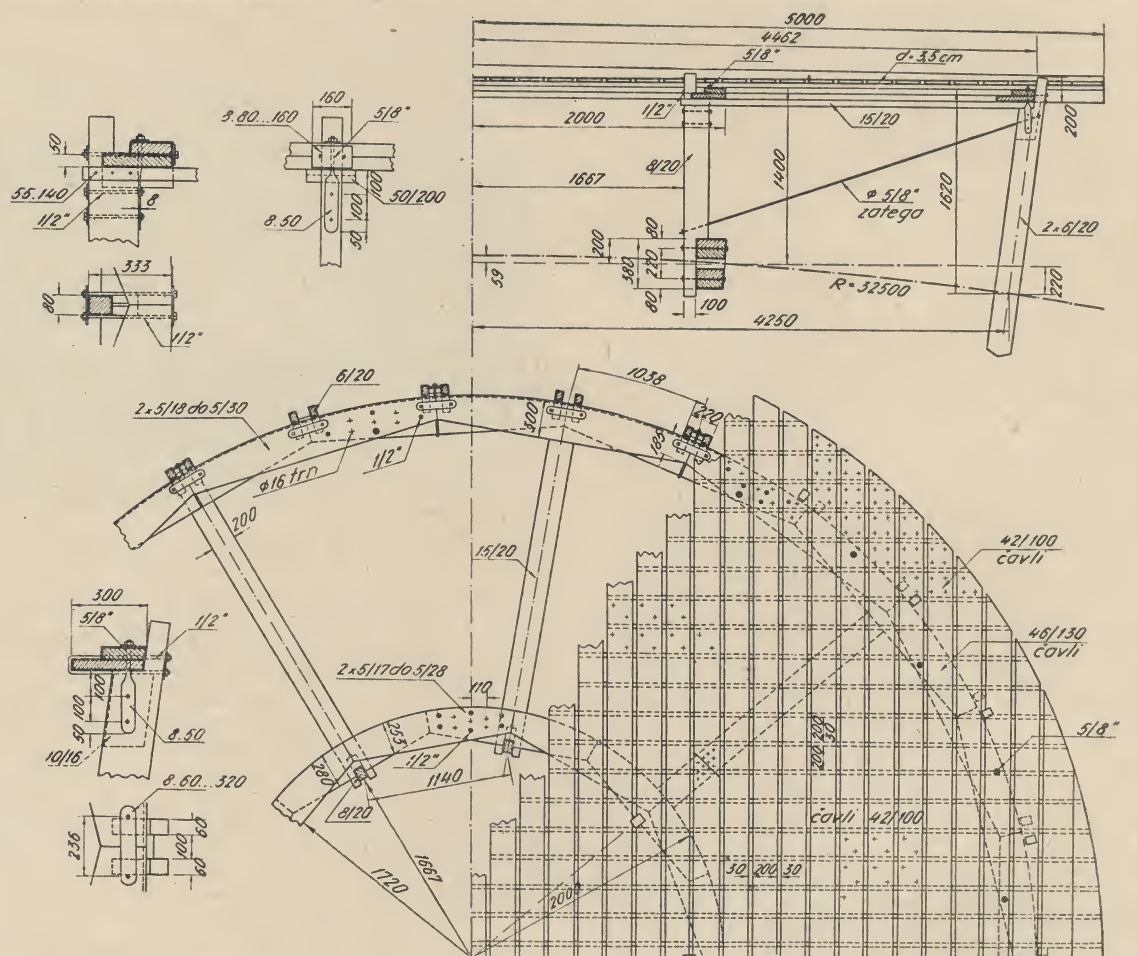
Donja ploha istake krova obložena je borovim daskama, povezanima na pero i utor.

U krovu svjetlika predviđen je sistem prirodne ventilacije.

Krov svjetlika počiva na dva obruča, sastavljena po tipu Delorme-ovog luka. Vanjski obruč, promjera 8 924 mm, sastavljen je od dva sloja platica, debelih 5 cm. Obruč leži na 27 dvostrukih stupaca profila 2×8/20 cm. Svaki treći stupac povezan je s unutarnjim stupcima i čeličnom zategom profila 5/8". Pomoću tih zatega možemo regulirati prenos sila sa svjetlika na kupolu. Vanjski stupci povezani su s krutim rebrima kupole; oni su ujedno i ukrućenja tih rebara.



Sl. 21 — Svjetlik u radu



Sl. 22 — Svjetlik

Unutarnji obruč, promjera 4 000 mm, leži na 9 jednodijelnih stupaca profila 8/20 cm. Obruč je također dvoslojan; njegove platice debele su 5 cm.

U oba obruča platice su međusobno povezane čavlima i vijcima ⌀ 1/2". Pojedini vijci prolaze i kroz daske krova, pa je na taj način krov vezan s obručima.

Obruči su međusobno povezani i sa 9 drvenih prečaka profila 15/20. Te su prečke potrebne za postavljanje oplata i natezanje zatega.

Između vanjskih stupaca svjetlika postavljeni su prozori, providđeni žičnim staklom. Tri prozora mogu se otvoriti pomicanjem u stranu. Takav način otvaranja potreban je, da vjetar ne bi slomio otvoreni prozor.

Ispod svakog prozora predviđena je ovalna rupa za odvod vode, koja će se eventualno, uslijed kondenzacije, skupiti na pokrovu onoga dijela kupole, koji se nalazi ispod svjetlika.

3. 7 Obruč

Kruta i gipka rebra kupole odupiru se jednim krajem o gornji obruč, a drugim o vijenac kupole.

Gornji obruč kupole je tlačni elemenat, a sastavljaju ga dva luka od oblučila. Platice oblučila debele su 8 cm; jedan sloj obruča tvori 9 takvih platica.

Između ta dva luka ulaze krajevi rebara. Teoretski ne bismo trebali naročitog pričvršćenja rebara i obruča; međutim, konstruktivno je jasno, da takovu vezu treba što bolje uspostaviti. Toga radi su također između letava krutog rebra u obruču postavljeni klinovi profila 4/8, izrađeni od posve suhe hrastovine (ispod 17% vlage). Klinovi će se zatjerati među rebra nakon kompletnog dovršetka montaže rebara i obruča, ali prije umetanja definitivnih vijaka u obruč. Nakon zatjerivanja klinovi će se fiksirati pomoću čavala. Klinovi su blanjani po svim plohama, a blanjane su također plohe, među koje ulaze klinovi. Pojedini lukovi sastavljeni su pomoću čavala, a oba luka međusobno su povezana vijcima, koji stežu i krajeve rebara, što ulaze među njih.

Mjesto podložnih pločica tih vijaka s gornje i donje strane obruča postavljen je po jedan čelični obruč od lima debljine 10 mm, koji pojačava ovaj delikatni dio kupole. Debljina vijaka u obruču odabrana je sa 5/8" i 3/4".

Rupe za vijke u čeličnom obruču predviđene su u uzdužnom smjeru kao ovalne, tako da pojedini vijci, koji se stavljaju prije zabijanja klinova, ne budu prilikom toga rada napregnuti na odrez. U radijalnom smjeru rupe imaju točan profil.

Sl. 23 — Gornji obruč

Na vanjskom obodu obruč je konusan, s nagibom 1 : 16,22 prema vertikali, koji na tom mjestu imaju osi meridijalnih rebara.

Osnovni promjer obruča zadan je na vanjskom obrisu, i to u visini osi gipkog rebra.

3. 8 Poligonalna ukrućenja

Kao što je već navedeno, rebra kupole međusobno su povezana s pet prstenastih ukrućenja, koja leže poligonalno po paralelama kupole. Ta su ukrućenja postavljena na razmake od cca 3 600 mm, i to u smjeru centra kalote.

Ukrućenja su sastavljena od platica debelih 5 cm, a niža su od krutog rebra toliko, da ozgo mogu proći gipka rebra, a ozdo zaštitna oplata kupole. Ukrućenja ipak sežu preko čitave slobodne visine hrpta, a zahvataju s obje strane i letve pojasa. Ona su prekinuta kod svakog krutog rebra.

Na mjestu gdje se gipka rebra sastaju s ukrućenjima, stavljena je vertikalna platica, koja učvršćuje gipko rebro sa ukrućenjem, te se time fiksira čvor i onemogućuje izvijanje gipkog rebra na veću duljinu od razmaka poligonalnih ukrućenja.

Po proračunu kupole kao skeleta dobivaju se u ovim ukrućenjima relativno velika naprezanja, ali budući da kod toga računa nije uzeto u obzir sudjelovanje prstenaste oplate, ovi rezultati mogu imati samo informativno značenje za stanje konstrukcije, dok još nema te oplate, odnosno za promatranje donjeg dijela kupole (bez oplata) kao samostalnog sistema nosača.

Poligonalna ukrućenja smanjuju i duljinu izvijanja krutih rebara u poprečnom smjeru na osnovnih 3,6 m, a to je značajno zbog male krutosti tih rebara u poprečnom smjeru.

4 — Pokrovi i zaštite

Povrh konstrukcije kupole položene su na dijagonalnu oplatu krovne letvice veličine 3/4 cm. Letvice teku meridijalno na razmacima od 15 do 25 cm, a pojedinačno su duge po 1 m. Krajevi letvica su razmaknuti, da prostori između letvica budu povezani. (Građevinar 1955/5).

Iznad krovnih letvica stavljen je sloj bakrenoga lima. U tom sloju ostavljeni su odušci na donjem dijelu kupole po čitavom obodu, na paraleli gdje se pokrov odiže od kupole prema atici.

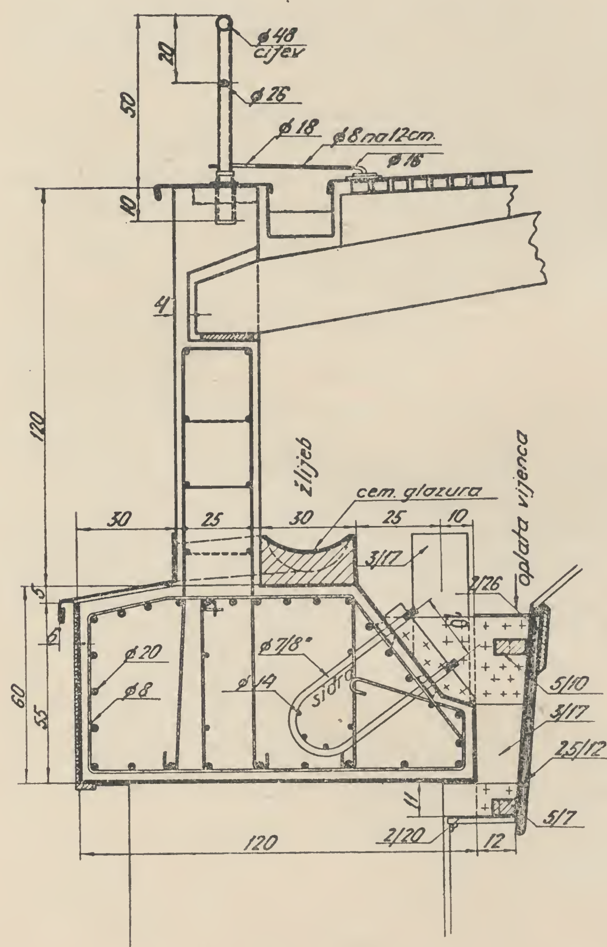
Sl. 24 — Poligonalna ukrućenja rebara

Da bi se dobilo dojam što pliće kupole, a usto, da bi se omogućilo što bolje provjetravanje donjeg dijela drvene konstrukcije, izdignut je pokrov kupole pri njenom dnu nad osnovnu plohu kupole. To je učinjeno na taj način, što je na vijencu hale podignut zidić visok 1,2 m, a na njega su s jedne i s druge strane na konstrukciju kupole radijalno postavljene gredice na mjestu svakoga rebra.

Preko tih gredica položen je sloj oplate, u svemu kao što je rađena prstenasta oplata. Na samom rubu ispred zidića stavljen je naokolo žlijeb za odvodnju. Voda je iz žlijeba odvedena cijevima kroz vijenac i kroz unutrašnjost stijena hale do terena.

Povrh oplate nisu postavljene krovne letvice, nego direktno bakreni lim, jer te oplate nisu osnovni nosivi elemenat kupole.

U tom dijelu pokrova predviđena su na nekoliko mjesta okna za ulazak u prostor atike. Za provjetravanje prostora između kupole i uzdignutog pokrova, a zatim i čitave konstrukcije, ostavljeni su u zidiću atike odušci zaštićeni perforiranim limom.



Sl. 25 — Vijenac s oplatom i atikom

Limeni pokrov kupole protegnut je i ispod krova svjetlika sve do obruča. Na tom je mjestu predviđen odušak naokolo obruča.

Pokrov je povezan s oblogom obruča s unutarnje i donje strane obruča.

Vanjski stupci svjetlika, koji prolaze kroz limeni pokrov kupole, obloženi su također limom, koji je s donje strane posvuda nepropusno povezan s limom kupole.

S obzirom na činjenicu, da se krovište nalazi nad prostorijom u kojoj će se razvijati dosta vlage iz basena, bit će potrebno da se ozdo posebno zaštiti drvo od vlage, koja pogoduje razvijanju truleži.

S donje strane konstrukcije kupole bile su predviđene dvije alternativne zaštitne obloge. Najprije je predviđeno, da se konstrukcija isprva ne zatvara ozdo nikakvim oblogama, nego da se ostavi slobodna. To je podesno zato da bi se drvo moglo posve prosušiti i od onih uvlaženja, do kojih neminovno dolazi za vrijeme dok još gornji pokrov limom nije dovršen. U eksploataciji će se zatim ustanoviti, prema količini vlage u krovištu za vrijeme raznih godišnjih doba, koja se uslijed isparivanja iz basena skuplja u zgradi, da li je potrebna posvemašnja zaštita konstrukcije od te vlage. Ako je ona potrebna, tada su predviđene dvije varijante, i to jedna klasična zaštita, sa drvenom oplatom, i druga moderna s opnom od plastičnog materijala.

Prva alternativa obloge projektirana je od borovih dasaka, sastavljenih na pero i utor. Daske su postavljene u prstenastom smjeru između krutih rebara. Daske zaštitne oplate učvršćene su o krute lukove i o platice, koje su u tu svrhu postavljene meridijalno između krutih rebara, a prikovane su o poligonalna ukrućenja. Na daskama oplate leži kao termoizolacija sloj drvolita, debeo 3 cm. Donji pojas krutih rebara oplaćen je ozdo bakrenim limom i daskama. Nastavno na tu oblogu predviđena je i obloga pri vijencu kupole, koju ozdo posve zatvara betonski vijenac. Ta će se oplata izraditi u svakom slučaju već iz estetskih razloga.

Po drugoj alternativi predviđamo, da će se zaštita od vlage ozdo ostvariti tankom opnom od plastičnog materijala, koji se proizvodi u folijama. Takva je zaštita mnogo jednostavnija i pouzdanija od klasične, jer ima daleko manje rešaka. Usto ona ostavlja više slobodnog prostora oko drvene konstrukcije, koju zaštićuje. Zatim, takva je zaštita tako reći bez težine, pa se time kupola oslobađa nepotrebnog mrtvog tereta.

Neovisno o gore navedenim mjerama za zaštitu trajnosti drveta poduzeti su, naravno, i svi osnovni preduvjeti za trajnost konstrukcije. U prvom redu, sva je građa premazana na svim plohama dvokratno i trokatno uobičajenim antiseptičnim sredstvom karbolineumom — a dijelovi zaštitnih oplata premazani su firnisom od lanenog ulja. Dalje su sva gvozdena spojna sredstva prevučena slojem cinka, a veći metalni dijelovi premazani su na uobičajeni način minijem i uljenom bojom.

5 — Prilazi na kupolu

Na tako veliko krovište kao što je kupola, sa svojih 1 300 m² površine, trebalo je omogućiti lak prilaz na vanjsku plohu. Takav je prilaz potreban

za slučaj osobito velikog snijega, zatim u slučaju potrebnih popravaka na pokrovu, svjetliku i olucima, zatim za otvaranje i zatvaranje prozora na svjetliku, koji su predviđeni da se otvaraju samo neposredno s krova kupole, i za slične slučajeve. Usto je korisnik objekta izrazio želju, da može stići u svjetlik zbog fotografiranja događaja u basenu. Sve su to bili razlozi poradi kojih smo projektirali fiksne prilaze do svjetlika.

Za prilaz do vijenca kupole predviđene su stubepenjalke, koje na uobičajeni način sežu od ravnog krova male hale do vrha atike kupole. Po rubu atike postavljena je 50 cm visoka ogradica od cijevi profila 48 mm, koja služi za udobniji prolaz po vijencu kupole i za osiguranje onoga, koji bi slučajno poklizuo po obloj plohi kupole.

Kako se odmah uz vijenac nalazi otvoreni žlijeb odvodnje, predviđena je preko toga žlijeba čelična rešetka, koja se oslanja na stupce ograde i pokrov kupole, a može se po potrebi dignuti i žlijeb očistiti.

Od vijenca kupole do svjetlika predviđene su na tri mjesta čelične stube, koje leže na limu kupole. Stube počinju nešto ispod donjeg oduška pokrova, a sežu do nogostupa kod svjetlika. Taj nagostup od limenih traka predviđen je da se lako i sigurno mogu obilaziti prozori i ulaziti u svjetlik.

Za prilaz na krov svjetlika postavljene su također stube penjalice, koje završavaju sa rešetkastim podestom.

6 — O izvedbi

Interesantno je napomenuti, da je prilikom izvedbe projektant tražio naročite mjere opreza što se tiče točnosti izmjera. Tako je tražio, da se sva mjerenja izvrše s jednim čeličnim metrom, koji je nazvan »prametar gradilišta«, jer se samo tako mogao postići preduvjet za milimetarsku točnost izvedbe.

Ustanovljeno je tom prilikom, da obični drveni tesarski metar (»colštok«) i uobičajeni rad s nekoliko takvih metara nije dovoljno precizan. Zato su sva veća mjerenja i izmjere donjeg dijela hale izvedena s prametrom, a usto je svako mjerilo, drveno ili čelično, prije upotrebe kontrolirano i žigom utvrđena ispravnost i broj toga metra. To je bio jeftin preduvjet za točnost izrade, koji je uz sistematsko insistiranje nadzora na točnost rada dao dobre rezultate, a što je bitno, stvorio je na radilištu atmosferu točnosti i kod radnika.

Prirodno je, da se nije na svim mjestima tražila tolika preciznost. Ona je ustvari bila potrebna samo na svim rebrima kupole, na izradi okova rebara na dnu kupole, na izradi i pripasivanju obruča i rebara kupole te na ukrućenjima rebara.

Gipka i kruta rebra kupole te gornji obruči kupole i obruči svjetlika izrađeni su u gradu, pa su trebali biti prevezeni na gradilište.

Gipka rebra prenošena su vrlo pažljivo; dizalo ih je istodobno 12 do 16 ljudi, raspoređenih u parovima duž rebra. Težina jednog gipkog rebra iznosila je otprilike 600 kg. Nakon izrade rebra su položena na nogare razne visine tako, da su ležala na podlogama onog oblika kako su bila izvedena. Od radionice do gradilišta sva su rebra i obruči bili prevezeni seljačkim kolima.



Sl. 26 — Prijevoz rebara na gradilište

Za prenose i utovar krutih rebara trebalo je 20 radnika. Nakon izrade ona su bila deponirana — na ležećke — na horizontalnu podlogu. Prilikom svih deponiranja i faza rada rebra i obruči bili su krovom ili pokrovom ljepenke brižno zaštićeni od sunca, vlage i kiše. Tu je veoma štetan svaki nemar, pa se naročito pazilo, da se izbjegne upropašćivanje drveta od tih utjecaja.

Za montiranje konstrukcije kupole bila su prostudirana dva rješenja. Prvo je bilo rješenje bez fiksnih skela, izuzev centralnog stupa, a drugo rješenje sa fiksnim skelama na čitavom tlocrtu.

Nakon razrade jednoga i drugoga rješenja došlo se do zaključka, da će biti nešto skuplje, ali zato za rad jednostavnije i sigurnije izraditi čitavu skelu. Ovo je odlučeno to više, što u nabavi građe nije bilo zapreka, a s obzirom na čitav Institut i etape, u kojima se gradi, građa skele će se i tako opetovano iskoristiti.

Tako se dogodilo, da nije iskorištena prednost rebraste konstrukcije što se tiče mogućnosti slobodne montaže. Nije to učinjeno i stoga, što se radilo o naročitoj konstrukciji, koju je trebalo izvesti s radnom snagom bez dovoljnog iskustva za takove poslove. Usto je sigurno, da predviđeni način montiranja omogućuje znatno solidniji rad i kvalitet spojeva, oblika i rada same konstrukcije nego li se to inače moglo postići.

Glavni dio skele za montiranje bio je centralni stup, koji je projektiran kao solidna drvena skela. (Vidi skicu 27 u članku »Drvene kupole«.)

Za dizanje rebara i druge građe na vrh zgrade ostavljena su u tlocrtu dva otvora, od kojih je jedan bio smješten kod vrata, a drugi otprilike dijagonalno, kod velikog prozora zgrade.

Prvo je postavljen na vrh centralnog stupa donji dio obruča kupole, na koji dolaze rebra. Za podizanje rebara predviđene su bile portalne dizalice nad spomenutim otvorima, kroz koja su se rebra



Sl. 27 — Montiranje rebara

unosila. Nakon što su kruta rebra podignuta, raspoređena su ona na svoja mjesta, uz istovremeno umetanje poligonalnih ukrućenja. Paralelno su se raspoređivala i ugrađivala nasuprotna rebra tako, da je stup bio simetrično opterećivan. Počelo se raditi sa dva mjesta, koja su se nalazila otprilike po sredini između otvora, gdje su se elementi podizali na skelu. Od tih mjesta rad se odvijao istovremeno s jedne i druge strane početnog rebra, prema dizalicama, tako da su bila istodobno u radu četiri polja. Kako su rebra laka, u tome radu nije bilo nikakvih teškoća.

Da se ne bi gipka rebra kod prijevoza i dizanja oštetila, bila su ona povezana u parovima i umetcima od kladica spojena u jedan nosač. Time se postigla dovoljna zaštita od šteta kod progibanja tih rebara.

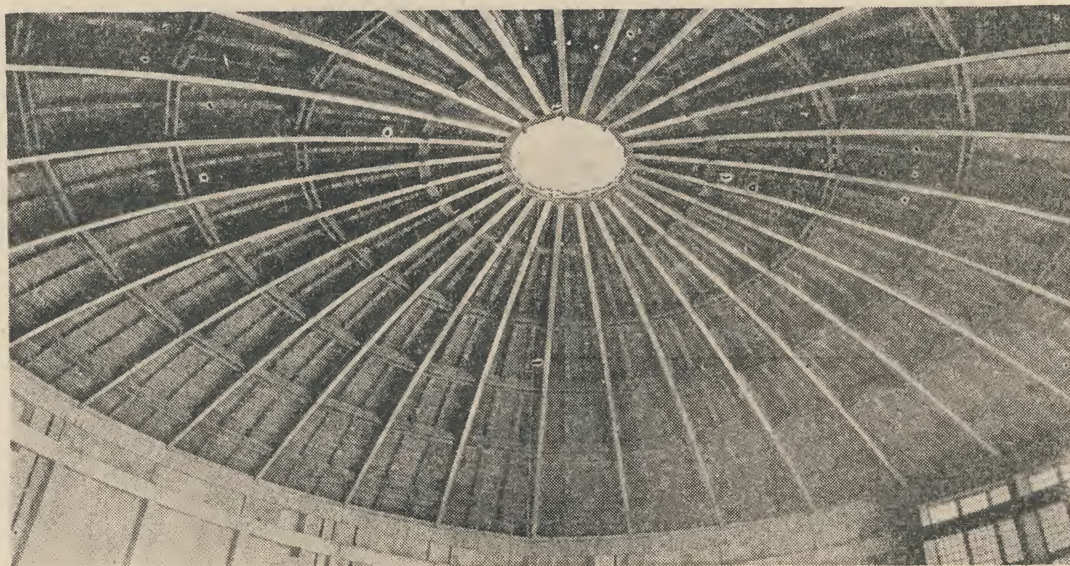
Nakon što su bila montirana sva rebra, postavljen je gornji dio obruča, pa su uz propiljavanje i podbijanje rebara ozdo, između vijenca i papuča, čeone plohe rebara točno priljubljene uz obruč. Taj je posao bio, uz upasivanje poligonalnih ukrućenja, stvarno najdelikatniji zadatak montiranja.

Poslije montiranja gornjeg obruča, definitivnog smještanja svih rebara stavljanjem klinova u obruč i umetanja čeličnih obruča i vijaka, te izrade donjeg ruba oplata, počelo se s polaganjem prstenaste oplate i postavljanjem stupaca svjetlika.

Da se rebra zaštite od uvlaženja i izravnog obasjanja sunca, ona su bila pokrivena ljepenkom i za vrijeme montaže.

Nakon prstenaste oplate prešlo se na zabijanje dijagonalne oplate i na postavljanje obruča i krova svjetlika. Vrijedno je još spomenuti, da su svi vijci rebara bili prije montiranja ponovno pritegnuti, a nakon montiranja bili su svi dijelovi zaštićeni pokrovom od ljepenke.

Zatim su postavljene krovne letvice i otpuštena konstrukcija kupole od skele. Izvršena su probna opterećenja kupole i zatim pokrivanje i drugi radovi na dovršenju objekta.



Sl. 28 — Pogled na kupolu iznutra

Tako su montirana kruta rebra, pa se tek nakon toga prešlo na montažu gipkih rebara. Međutim, prilikom rada pokazalo se, da bi bilo spretnije, da su se istovremeno u svakom polju odmah montirala i gipka rebra, jer je bilo nezgodno prevlačiti gipka rebra oko oboda kupole. Doduše, čitava je montaža tako udešena, da se i rebro najudaljenije od dizalice treba pregurati samo za četvrt kruga.

7 — Građa i količina materijala

Prilikom nabave građe za kupolu osobito je paženo na kvalitet platica za gipka rebra i letava za pojase krutih rebara.

Građa je bila pregledana pojedinačno, komad po komad, ocijenjena po dimenzijama, kvaliteti i prosušenosti, sve u smislu PTP-8. Oni dijelovi na-

bavke, koji nisu bili dovoljno prirodno prosušeni, sušeni su na umjetni način u sušari. Vlažnost je kontrolirana pomoću instrumenata. Kod sušenja je bilo poteškoća sa komadima, koji su rezani iz »srca« i sa građom, koja je bila već na površini prosušena (potreba proparivanja). Osobito su u sušenju bile osjetljive letve 5/8 i 6/8. Kod izabiranja pazilo se, da komadi nisu zakrivljeni, niti izvitopereni, te da na krajevima nema pukotina.

Dobavljeno drvo bilo je pretežno slavonska hrastovina.

Kod izbora građe za pojase krutih rebara odbačeni su svi komadi, u kojima se našla makar na jednom mjestu kvrga veća od trećine presjeka, a nije tolerirana ni najmanja oblina bridova. Bijel drveta nije smatrana materijalom.

Po projektu tražena kvaliteta građe bila je uglavnom II. klasa hrastovine, koja zadovoljava rezultate statičkog proračuna. Međutim, za osiguranje besprijekorne izvedbe bilo je potrebno, da neki dijelovi budu i od građe bolje kvalitete; to su u prvom redu pojasi krutih rebara, jako savijene letve prstenaste oplate na predjelu oko gornjeg obruča, platice gornjeg obruča i platice gipkih rebara. Tome je u izvedbi bilo i zadovoljeno.

Metalni dijelovi kupole projektirani su i izvedeni od materijala uobičajenog kvaliteta.

Projektom je bilo traženo, da sva gvožđarija treba biti zaštićena od hrđanja zbog vlage, agresivnih sastojina drveta i sredstava za antiseptiranje drveta. Zato su svi metalni dijelovi pocinčani u



Sl. 29 — Kupola pod snijegom

kupkama rastopljenog cinka. Međutim, kod vađenja iz kupke nije se vodilo dovoljno računa o tome, da se cink posve ocijedi i da se komadi ne slažu, dok nisu posve ocijeđeni. Zbog toga su ostale na nekim mjestima vijaka i čavala prilično debele naslage cinka, pa je trebalo ponovno izraditi navoj na vijcima, odnosno brusiti vrh čavala. Nezgodno je usto bilo, što su se vijci uslijed toga odebljali, pa je bilo teško proturavati ih kroz rupe pločica.

Od čitave gvožđarije jedino čelični obruči na gornjem obruču i zatege svjetlika nisu pocinčani, nego minizirani i premazani uljenom bojom.

Količine materijala potrebne po projektu za konstrukciju kupole, osim krovnih letvica pokrova i zaštitnih obloga ozdo, dane su u tablici pregleda materijala.

Nakon dobave građa je bila propisno uskladištena — pod krovom na posve čvrstoj podlozi — u prozračne vitlove, tako da se nije mogla naknadno iskriviti, ovlažiti ni pucati.

Pregled građe nije bio ograničen na pregled samo prilikom isporuke, kad je građa žigosana, nego je građa ponovno pregledana prije ugradbe u elemente, odnosno prilikom montiranja i ugradbe u kupolu. Ovo se pokazalo prijeko potrebnim. Na primjer, tek kod izrade krutih rebara konstatirao je nadzor, da daske hrpta nisu točno i jednako debele, a upravo ta činjenica je preduvjet kvalitete daščanih nosača, jer je osobito važno, da daske hrpta na svim mjestima točno prijanjaju na letve pojasa. Zbog toga je trebalo stanovitu količinu dasaka prije ugradbe blanjati.

Pregled materijala

Dio kupole	Hrastovina		Gvožđarija	
	pojedin.	sumarno	pojedin.	sumarno
I. Konstrukcija kupole				
1 Gipka rebra	33,2		2,4	
2 Kruta rebra	34,8		4,6	
3 Prstenasta oplata	54,3		2,0	
4 Dijagonalna oplata	25,5		1,0	
5 Obruč	1,0		0,5	
6 Ukrućenja	23 4	172,2	0,8	11,3
II. Svjetlik	8,4	180,6	0,5	11 8
III. Atika	15,7	196,3	0,3	12,1

Količinu drveta za narudžbu trebalo je povećati za 7%. Prilikom izvedbe naručeno je bilo svega, zajedno sa građom za pokrovne letvice, 240 m³ drveta.

U količini metala, koja je gore iskazana, nije uračunata armatura vijenca kupole, papuče rebara i njihova usidrenja. Za papuče je utrošeno otprilike 2,5 tona čelika i 100 kg olova.

Jedinična potreba drveta za kupolu i svjetlik (bez atike) iznosi $g_d = 0,14$ m³/m² tlocrta zgrade, t. j. svega *181 m³*.

Potrebna gvožđarija za te dijelove (bez papuče i vijenca) iznosi $g_g = 62$ kg/m³ drveta ili

$g'_g = 10$ kg/m² tlocrta zgrade, t. j. svega *12 t*.

Obično su okolnosti pod kojima nastaje neki veći objekt vezane na niz specifičnosti. Neki naši konkretni podaci dovoljno su osebujni, pa su zavrijedili, da ih spomenemo.

Izrada projekta za taj objekt bila je nesrazmjerno forsirana. Pod pritiskom takve atake autor članka je izradio izvedbene crteže, te statički i opsežan geometrijski proračun za svega 24 dana. Interesantno je, da je taj rad, po podacima iz arhive Inženjerskog projektnog zavoda (1951 god.), bio obračunat po kvadratnom decimetru nacrta sa 1,23 norma sata. Pod norma satom smatran je radni satni efekt prosječnog projektanta, na nekom općenito poznatom prosječnom teškom poslu. Ukupno crteži konstrukcije kupole sadrže 547 qdm.

Nakon takve »hitnosti« projekt je nekoliko mjeseci ležao na reviziji, unatoč toga što je idejni projekt bio već ranije revidiran i što je taj izvedbeni elaborat vjerno slijedio idejni projekt. Od dana kada je izvedbeni projekt konstrukcije bio gotov do izvođenja kupole, proteklo je dvije godine dana, a da to vrijeme nije iskorišteno niti za to, da se nabavi potrebna drvena građa. Prevelika nervoza i »hajka na projekt« toliko karakteristična za naše poslijeratno građevinarstvo i ovaj se je puta pokazala posve nepotrebnom i neusklađenom sa ostalim okolnostima, koje okružuju izgradnju objekta.

Što se tiče izvedbe kupole, ona je rezultat kvalitetnog tesarskog rada i to je jedno od naših najboljih ostvarenja drvenih konstrukcija.

Zasluga za uspjeh toga rada može se u prvom redu pripisati građevnom poduzeću Tempo iz Zagreba, koje je sa svojom grupom odličnih tesara bilo pripravno da zadovolji, često ne baš svakodnevne i na prvi pogled mnogo puta hirovite zahtjeve projektanta. Rezultat takvog prisnog odnosa najbolje se vidi na samom objektu, koji sigurno ne bi bio takav, da se taj odnos uspostavljao na administrativni način.

Nadalje, ovdje valja istaći predano zalaganje tada još vrlo mladih inženjera Ing. Dragutina Kovačeca i Ing. Oto Sršeka, koji su uzorno obavili povjerene im zadatke. Na ovome mjestu im se svima najsrdačnije zahvaljujem.

ISTRAŽNI RADOVI ZA AKUMULACIJE U KRŠU

(POSEBNA STUDIJA U VEZI IZVEDBE AKUMULACIJE PERUČA)

Ing. **B. Pavlin**, Ing. **L. Mladineo**, Elektroprojekt, Zagreb

(Nastavak)

3. Neka inozemna iskustva u vapnenjačkim terenima

Francuzi su, čini nam se, stekli najviše iskustva na terenima sličnim našima. Ne gledajući na velike radove, koji su završeni u sjevernoj Africi, a na koje ćemo se također osvrnuti, u samoj Francuskoj su se morali rješavati problemi akumulacije u vapnenjačkim stijenama.

Mala brana St. Guilhelm-le-Desert na rječici Herault, blizu Montpeliera, koja je krajem prošlog vijeka podignuta za potrebe navodnjavanja, koju spominje i Lugeon u svojoj knjizi, nije nikad ispunila svoju funkciju. Sva je voda prošla kroz otvore u jurskim vapnencima ispod brane.

U vrijeme, u kojem se ova brana izgrađivala, inženjerima kao da nije ostalo drugo nego da dignu ruke od objekta.

Kod postrojenja Bouvante, blizu Grenobla, primijetilo se odmah nakon puštanja u pogon — 1926. godine —, da akumulacija ne drži vodu. Gubici su se lagano povećavali i god. 1930. su dostigli 1,8 m³/sec, što je za malu rječicu Lionne i malo usporno jezero (4 hm³) bilo već veoma mnogo.

Ustanovljeno je, da gubici nastaju na relativno ograničenom području akumulacionog basena, na

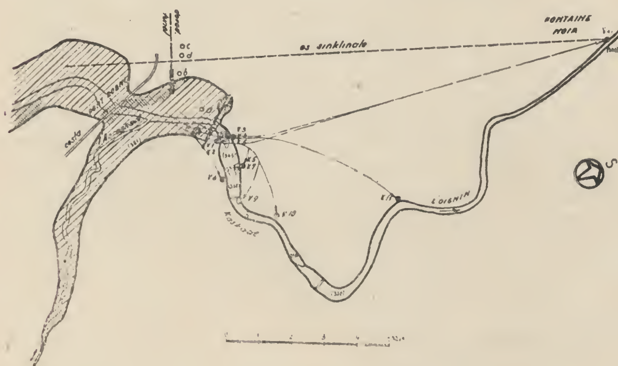
lijevoj obali, na mjestu gdje su gornjo kredni bankoviti vapnenci ogoljeli ili slabo pokriveni nanosom. Gubici su se naročito povećavali nakon što je na pojedinim mjestima uklonjen pokrov.

Radovi na brtvljenju, koji su još 1927. godine, započeti iskopom okana i rovova i injektiranjem uspješno su završeni god. 1950. i 1951. Jednostavnim površinskim brtvljenjem gunitom i ispunjavanjem pukotina betonom gubici su smanjeni na svega 150 l/sec.

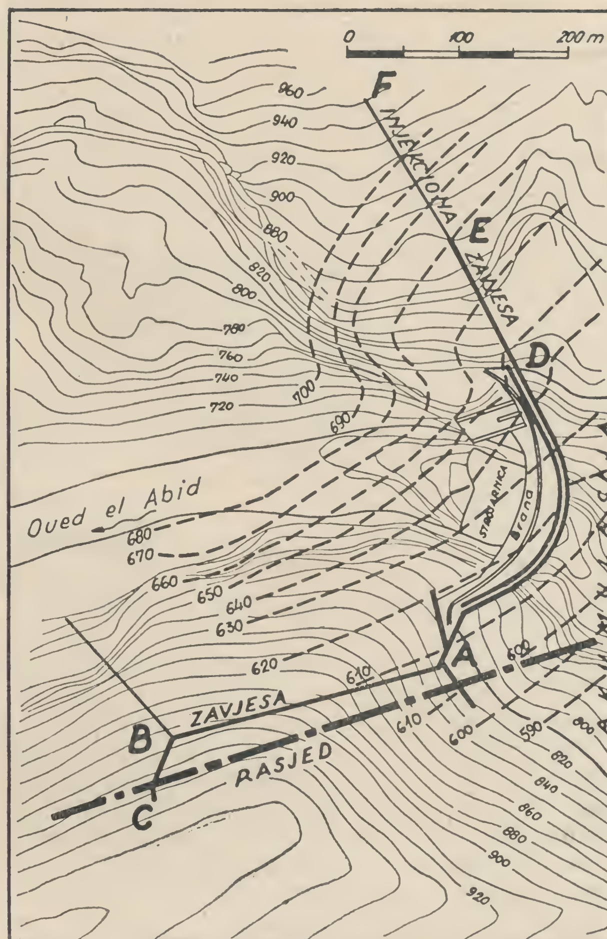
Ovaj primjer, pokazuje, da se relativno jednostavnim metodama brtvljenja može, u danim uslovima, postići dobar efekat.

Treći primjer izvedenog objekta u vapnenačkom terenu je akumulacija Charmine za postrojenje Moux. Jezero površine 75 ha, maksimalne dubine 15 m, nalazi se u vapnencima. Vapnena stijena je pokrivena vrlo tankim morenskim pokrovom, koji nije nepropustan.

Odmah nakon punjenja došlo je do gubitka, od kojih su se glavni pojavili na vrelu Fontaine Noire, cca 2 km nizvodno od brane, uz 65 m visinske razlike (v. sl. 4). Neposredno ispod brane aktivizirani su stari krški putevi. Protoka se stalno povećala. Najveći gubici su iznosili 800 l/sec, odnosno 10% srednje protoke. Pokušavalo se postići otješnjenje injektiranjem i površinskim brtvljenjem. Srećom je jedna od bušotina naišla na podzemni tok, promjera cca 80 cm, koji je komunicirao sa svim poznatim izdancima procjedne vode. Tu se mogao utiskivati i krupniji pijesak (5—8 mm ograničeno promjerom bušotine), s time da su se na mjestima, gdje se pojavljuje voda, postavili šljunčani filtri zbog zadržavanja utisnutog materijala. Ta je bušotina progutala oko 2 600 m³ krupnog pijeska i 540 tona injekcione smjese. Uspjeh je bio potpun; gubici su smanjeni na nekoliko desetaka litara na sekundu. Troškovi tih radova iznosili su oko 10% vrijednosti objekta. Veći dio radova bio je bezuspješan, a slučaj je međutim htio, da jedna od bušotina naiđe na pravo mjesto i otješnjenje uspije.



Sl. 4 — Akumulacija Charmine
Situacija smjerova gubitaka voda.
Legenda: Vrela na koje je izbijala voda iz akumulacije: V_1—V_{12}. Unakrsno šrafirano: područje s plitkim injektiranjem. Duboke injekcione bušotine: a—d. Bušotina preko koje je pomoću šljunka izvršeno zatrpavanje krških kanala i dopunsko injektiranje: e.



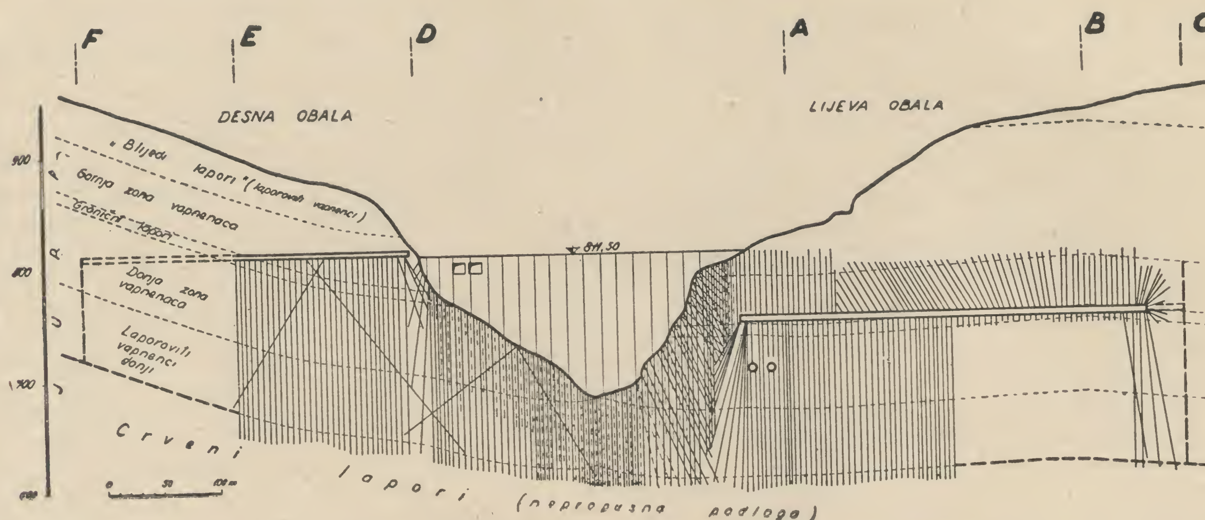
Sl. 5 a — HE Bin el Ouidan situacija postrojenja i trase injekcione zavjese.

Prema tome, osnovni i jedini problem tu je bio: ustanoviti put podzemne cirkulacije, koji je u ovom slučaju bio zajednički za sve gubitke.

Akumulacija Bin el Ouidan u Maroku, ukupnog sadržaja 1,6 milijarde m³ izvedena je u srednjem Atlasu, na rijeci Oued el Abid. Korito akumulacije je izgrađeno od jurskih naslaga, uglavnom lapora. Kod pregradnog mjesta teren je tektonski uzdignut, tako da je kanjon rijeke usječen u vapnencima, koji leže ispod nepropusnih naslaga dna akumulacije. Ispod tih vapnenaca dolaze laporoviti vapnenci, te konačno nepropusni lapori (v. sl. 5a i 5b).

Vapnenci u kanjonu su dosta raspucani, naročito na mjestima, koja su jače zahvaćena tektonskim djelovanjem. U isteznim zonama dijaklaze su proširene do maksimalno 80 cm. U znatnoj mjeri su raspucani i laporoviti vapnenci. Propusnost terena je u prosjeku iznosila 1—10 l/min/m kod 10 Atm. U zonama veće zdrobljenosti propusnost je prelazila 50 l/min/m, a da se pritisak uopće nije postigao.

Vapnenjačka masa je ovdje pokrivene nepropusnim laporima, i u njoj nema znatnijeg doticaja površinskih voda. Zbog toga nema znatnije karstifikacije.



Sl. 5 b — HE Bin el Ouidan, geološki profil u trasi injekcione zavjese.

Ukupna debljina naslaga, koje je trebalo presjeći injekcionom zavjesom, iznosi cca 180 m. S desne strane se uzdiže nepropusna osnovna podloga, i tu se zavjesa mogla produžiti do mjesta, gdje ona dosiže kotu uspora. Međutim, izvela se znatno kraća zavjesa. S lijeve strane rijeke glavnu je opasnost predstavljao veći rasjed, pa ga zavjesa prati i presijeca na dva mjesta. Ni ovdje zavjesa nije izvedena do kraja, zbog požurivanja, da se što prije puni jezero i elektrana pusti u pogon. Za zaštitu elektrane od eventualnih procjednih voda poduzeti su posebni dopunski injekcioni radovi. Površina injekcione zavjese iznosi 135 000 m^2, a izvedena je sa 35 400 m' injekcionih bušotina. Maksimalni pritisak injektiranja je iznosio 50 Atm. Nakon završetka, uz puni uspor od 100 m procjeđivanje iz akumulacije je iznosilo cca 1 m^3/sec. Ta se voda vraća u korito rijeke, nedaleko pregradnog mjesta.

4. Metode istraživanja

Pitanje najcjelishodnijeg načina izvođenja istražnih radova općenito, u kršu posebno, ujedno je i pitanje njihove ekonomičnosti.

Raspolažemo s premalo podataka, da bismo mogli i približno ocijeniti raspon troškova za istražne radove u odnosu na troškove objekta. Sigurno je, međutim, da procenat može biti znatan. Osim toga, direktna komparacija troškova je i teška s obzirom na to, da se radi o objektima koji iskorišćuju pad u više stepenica, kod kojih bi se koštanje istražnih radova trebalo odnositi samo na dio troškova objekta. Toga radi smo pokušali svesti troškove istražnih radova na jedinicu zapremnine akumulacionog jezera, odnosno akumuliranog kWh.

	Din/m^3 akumulacije	Din/kWh akumulirane energije
Vinodol	1,1	0,76
Peruča	1,0	1,37
Senj	1,0	1,02

Odatle bi se moglo pretpostaviti, da su troškovi svedeni na m^3 akumulirane vode približno konstantni, makar premali broj podataka ne dopušta nikakve definitivne zaključke.

Ipak možemo tvrditi, da se u svakom slučaju radi o znatnom iznosu. To je važno, jer su krediti za studije i istraživanja u pravilu vrlo skromni. Veći iznosi se odobravaju tek na osnovu izrađenih projektnih elaborata ili, praktički, kad je već odlučeno da se objekat gradi. A to znači, da će često odluka o gradnji objekta pasti na osnovu nepotpunih i nezavršenih istraživanja.

Odvajanje znatnih kredita za studije i istraživanja brojnih objekata dalo bi vjerovatno mogućnost lakše komparacije i zrelijih odluka u izboru objekata, koje treba graditi, posebno na terenima, koje možemo smatrati delikatnim, kao što je krš. S druge strane, znatni iznosi, koje gutaju istražni radovi za akumulacije u kršu, sile nas da ozbiljno pretresemo metode i saberemo iskustva dosadašnjih radova.

Ne kanimo raspravljati o svim sredstvima i metodama rada kod istraživanja. Neke su se metode, kao na pr. bojadisanje podzemnih tokova, u tolikoj mjeri afirmirale, da je njihova primjena opravdana, to više što su i troškovi niski.

Ima međutim metoda, koje smo pokušali primijeniti, a koje na objektima, gdje smo mi sticali iskustva, nisu opravdale očekivanje. Mislimo na geoelektrična i elektromagnetska ispitivanja. Krš, kao skup razlomljenog vapnenca male vodljivosti, oblijepljen mokrom provodljivom crvenicom, ne predstavlja teren, na kojem geoelektrika može dati poželjne rezultate. Drugačija je situacija kod izdvajanja naslaga s izrazito kontrastnim geofizičkim osobinama. Na takav ćemo slučaj, međutim, rijetko naići u kršu.

Smisao primjene geofizike sastojao bi se u tome, da posluži kao podloga za planiranje skupljih (i pouzdanijih) metoda istraživanja. Pa i to će biti u kršu ostvarivo samo u ograničenom obimu.

Kod pokušaja ustanovljenja podzemnih tokova po smjeru i po visini polagali smo u elektromagnetsku metodu više nade nego je to izvršeni posao opravdao. Pa ipak, mislimo, da bi daljnje usavršavanje moglo dovesti do izvjesnih rezultata. Podaci o podzemnim komunikacijama će nam u pojedinim slučajevima biti dragocjeni. Da li će se to u budućnosti riješiti možda primjenom radioaktivnih izotopa — ostaje da pokaže praksa.

Istraživanja pomoću bušenja na jezgru s ispitivanjem propusnosti za vodu nalazi najširu primjenu kod istraživanja tla uopće, pa tako i kod istraživanja u kršu. Mogućnosti izvođačkih poduzeća dovode nekad do nemilosrdne primjene bušenja, pa i u većoj mjeri nego bi to bilo potrebno. Rad na bušenju je kod nas skup. Ako uzmemo, da bušenje na jezgru s ispitivanjem propusnosti za vodu stoji oko 10 000 Din/m, postavlja se pitanje, da li kopanje jednog rova ili okna, iako po metraži skuplje, ne bi moglo u mnogim slučajevima zamijeniti po nekoliko bušotina i time znatno pojeftiniti rad. Osim toga, direktni uvid u teren daje bolje podatke od razlomljene jezgre isprane isplakom.

Kod ispitivanja propusnosti za vodu bit će neminovno da se izvrše neka usavršavanja tehnike:

— eliminiranje, ili točnije, registriranje gubitaka od otpora tečenja u šipkama.

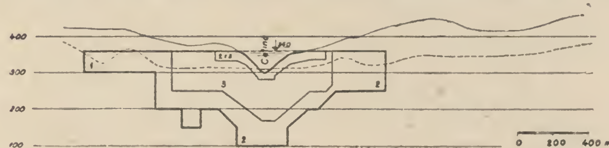
— primjena ispitivanja zrakom u području iznad nivoa podzemnih voda, gdje samo tako možemo dobiti pouzdane rezultate.

Registriranje podzemnih vodostaja u bušotinama sigurno će uvijek predstavljati značajno pomagalo kod hidrogeoloških studija u kršu.

5. Injekciona zavjesa

Injekciona zavjesa jest i bit će jedno od glavnih sredstava osiguranja akumulacije za držanje vode, naročito u kršu. Nepropusni zastor u većini će slučajeva biti samo jedan od elemenata osiguranja za sposobnost držanja vode.

Apstrahirajući mogućnost površinskog brtvljenja akumulacionog basena, što je u mnogim slučajevima provedeno s uspjehom (na drugom mjestu spomenuti basen elektrane Bouvante, zatim Muro Lucaso, Isber i t. d.), sama injekciona zavjesa bez ostalih prirodnih uslova ne može u svakom slučaju osigurati uspjeh bez obzira na troškove. Ukoliko bi se injekcionom zavjesom priključili na neki nepropusni sloj, automatski smo isključili krš, pa je prema tome i problem postao jednostavniji. Međutim, ako to ne možemo, injekciona zavjesa nam ostaje obješena u relativno propusnom mediju, sa



Sl. 6 — HE Peruča. Injekciona zavjesa

Legenda: 1 Jednoredna zavjesa, 2 Dvoredna zavjesa, 3 Troredna zavjesa. 3×2 Troredna zavjesa s dvostrukim progušćenjem bušotina.

glavnim zadatkom, da produži put procjednim vodama, odnosno da prekine krške komunikacije. Takav slučaj imamo na Peruči. (V. sl. 6).

Kod takve zavjese postavlja se pitanje njenog prostiranja — u dubinu i u širinu. Jedini način, da se s izvjesnom vjerojatnošću provjere dimenzije zavjese i da se računski odrede mogući gubici, bilo bi ispitivanje na trodimenzionalnom modelu električne analogije. Do danas nismo uspjeli da realiziramo takav model, ali vjerujemo, da se on može ostvariti.

Ispitivanja, izvršena na dvodimenzionalnom modelu zavjese Peruče, potvrdila su ispravno odabranu dubinu zastora. Pod pretpostavkom, da se nepropusni sloj nalazi na dubini od cca 1000 m, zavjesa duboka 200 m, dakle 20% dubine nepropusnog sloja, leži negdje u zoni poželjnog i ekonomičnog reduciranja gubitaka. Račun po formuli prof. Frankovića[1] daje približno iste rezultate kao i model.

Naravno, da razmatranje o primjeni modela električne analogije vrijedi samo pod uslovom, da očekivani gubici ne će nastupiti kroz koncentrirane podzemne puteve, već će u većoj mjeri ovisiti o procjeđivanju kroz razlomljeni materijal, doduše različite, ali još uvijek slične propusnosti.

Kod izrade projekta injekcione zavjese, projektant će se sukobiti s pitanjem, koliki treba da bude razmak bušotina, do kojih pritisaka treba ići i kakve smjese treba propisati.

Čini nam se, da su posljednje pitanje, pitanje smjesa, praktički već riješili naši izvođači. Međutim razmak bušotina, a s tim u vezi i pitanje pritisaka, mislimo da nije još u tolikoj mjeri prostudirano. da bi se moglo smatrati riješenim.

Priložena tabela će nam dati nekoliko podataka o objektima, koji se mogu komparirati s našim objektima u kršu[2].

Pada u oči mali utrošak injekcione smjese na injekcionoj zavjesi Liverovići, a naročito na pregradi Moste.

Nasuprot tome imamo podatke za injekcionu zavjesu Peruča[3], kod koje na 1 m² injekcione zavjese dolazi 0.75 m bušotina odnosno, prema dosadašnjim rezultatima, cca 200 kg injekcione smjese.

Odatle bismo mogli zaključiti, da se na Peruči relativno mnogo buši. Drugi podatak pokazuje, međutim, da razmak bušotina nije premalen i da bi povećavajući razmak bušotina povećali i apsorpciju, pa je pitanje odnosa cijene bušenje-smjesa: što je ekonomičnije? Osim toga, značajno je i pitanje sigurnosti u uspjeh.

Neki podaci američkih postrojenja, koje inače ne možemo direktno komparirati, s obzirom na geološki sastav, govore o relativno visokom omjeru

[1] »Naše građevinarstvo«, 8/55

[2] Neke od tih podataka iznio je Ing. Kleindienst odnosno Ing. Boltežar na II. Savjetovanju za visoke brane u Jablanici.

[3] Ukupna površina injekcionog zastora na Peruči iznosi 200 000 m² i 150 000 m injektiranja. Podaci, koji se ovdje daju, uzeti su kao prosjek dosada izvršenih 50 000 m injekcija.

	Ukupno m inj.	Bušotine m/m² zavjese	Apsorpcija kg/m² zavjese	Primjedba
Castillon	11 000	0,21	110	Raspucani vapnenci
Charmine	5 000	0,11	265	Izrazite krške komunikacije
Chaudanne	4 000	0,15	40	Razlomljeni vapnenci
El Kansera	15 000	0,25	117	Propusni vapnenjački bokovo
Foum el Gherza	14 000		35—235	Prema zonama
Oued Fodda	9 500	0,43	300	
Bin el Ouidanne	35 500	0,25	141	Raspucani vapnenci i laporoviti vapnenci
Camarassa	50 000	0,16	620	Dolomitični vapnenci
Santa Giustina	105 000	2,20	80	Raspucani vapnenci
Salto	14 000	0,65	160	Raspucani vapnenci
Moste[4]	33 000	0,50	18	
Liverovići[4]	35 000	0,67	76	

[4] Podaci »Elektrosonda« — Zagreb.

bušenja prema kvadraturi zavjese, koji se kreće oko 0,5 m/m², ali i o visokim utrošcima smjese. Na Great Fallsu, gdje se očito radi o brtvljenju podzemnih komunikacija, omjer je bio 0,4 m/m², uz utrošak od 600 kg/m².

Planiranje i projekat injekcione zavjese moći će se u većini slučajeva izvršiti i bez dosada uobičajenih pokusnih injekcionih polja, koja će biti bez daljnjega opravdana samo kao dio buduće zavjese, a kao posebni izdaci jedino u slučaju, gdje nam naročiti uslovi ne dopuštaju procjenu utroška materijala i određivanje osnovnih elemenata. Inače će ti vrlo skupi radovi biti suvišni.

Mislimo, da se u budućnosti može još dosta učiniti što se tiče tehnike injektiranja, a specijalno kontrole uspjeha rada. Malo čvršće cijene će nam dopustiti i postavljanje ekonomičnog odnosa razmaka bušotina i utroška smjese.

Izvedba akumulacija, naročito u kršu, traži opsežan i koordiniran rad stručnjaka s raznih područja. U prvim je početcima bilo teško na osnovu gledanja geologa, koji nisu dovoljno poznavali hidrauliku, i hidrotehničara, koji nisu još mogli u dovoljnoj mjeri interpretirati podatke opće i detaljne geologije, stvoriti potpune i pravilne predodžbe, posebne za rješavanje krupnih problema, o kojima je ovisila mogućnost izvedbe akumulacija u krškim terenima. Tek tokom posljednjeg decenija našli smo pravi put suradnje hidrotehničara i geologa. To se u najvećoj mjeri pokazalo u radu u dolini Cetine, posebno za akumulaciju Peruča. Baš ta suradnja, uz primjenu raspoloživih metoda istražnih radova i pravilnog interpretiranja rezultata, dovela je do nesumnjivog zaključka o mogućnosti izvedbe ove akumulacije.

NEKI PROBLEMI STAMBENE IZGRADNJE

Zvonko Petrinović, direktor G. P. »Tempo«, Zagreb

Naša zajednica ulaže velike napore, da se pristupi efikasnijem rješavanju stambenog problema. U tu svrhu osnovan je i poseban namjenski stambeni fond. Ovim problemom, kao i problematikom građevinarstva uopće pozabavilo se je naše najviše predstavničko tijelo Narodna Skupština FNRJ prilikom donošenja smjernica za izradu društvenog plana u 1957. g.

Problemi u vezi sa stambenom izgradnjom vrlo su složeni. Kako je poznato, u našim gradovima nedostaje oko 25% prostora za normalno stanovanje.

Na području Zagreba financijska sredstva za izgradnju stanova u 1957. godini gotovo su dvostruko veća u odnosu na godinu 1956. Ona iznose, ne računajući republička sredstva, oko 4 000 000 000 Din.

Građevna poduzeća na području kotara Zagreb, s obzirom na ostalu građevinsku djelatnost, jedva su u stanju da savladaju tako povećani obim radova. Ako analiziramo stanje građevinske operative, industrije građevnog materijala i građevinsko zanatstvo, te neusklađen odnos u stepenu njihove mehanizovanosti, moramo neodgodivo tražiti rješenje za međusobno usklađivanje. Industrija građevnog materijala u većini slučajeva nije u stanju podmiriti te potrebe. Zagrebačke ciglane mogu podmiriti tek 50% ukupnih potreba u opeci. Građevinsko zanatstvo predstavlja teži problem. Velika zaostalost zanatstva ogleda se u stepenu mehanizovanosti. Dok u prosjeku na jednog radnika u građevnim poduzećima otpada 2,27 K S u građevinskom zanatstvu na jednog radnika otpada tek 0,6 K S mehanizacije. Svi ti i drugi složeni problemi utiču na sporost i cijene građevinskih radova.

U pitanju načina izgradnje stanova podvojeno je u stručnim krugovima mišljenje. Pristalice prvog shvaćanja, među njima i pojedini projektanti, drže, da montažnu izgradnju stanova treba odbaciti. Oni tvrde, da su strane zemlje već odbacile sistem montažne izgradnje stanova. Kao prilog toj tvrdnji navode izjavu jednog stručnjaka iz aparata Organizacije Ujedinjenih Nacija, da je montažni sistem stambene izgradnje neekonomičan, a polumontažni sistem prihvatljiv kao ekonomičniji.

Pristalice druge teze tvrde protivno: Treba početi s montažnom izgradnjom. Ona omogućuje visok stepen industrijalizacije građenja. Tu je moguća bolja organizacija i veća kolektivna produktivnost rada. Materijalni uslovi za montažnu izgradnju postoje. Na osnovu postojećih i budućih iskustava trebat će ocijeniti pozitivne i negativne strane tog načina građenja.

U prilog tog stava navode se vlastita iskustva iz naše zemlje, te iskustva nekih drugih zemalja. Podu-

zeće »Jugomont«, koje je radilo pretežno na zanatski način, bez osnovnih sredstava, postiglo je prilične rezultate. Ono je u toku prošle godine izgradilo oko 11 000 m^2 stambene površine. To znači 200 stanova, uključivši tu i jednu školu.



Sl. 1 — Stambeno naselje »Jugomonta« u Zagrebu

Bez obzira na to, da montažni objekti još nisu savršeni i imaju svojih nedostataka, predstavnici poduzeća »Jugomont« ističu niz prednosti montažnog načina građenja. Te prednosti bile bi ove:

1. Prednosti zbog male transportne težine. Ona iznosi svega 350 kg po m^2.

2. Dobra toplinska izolaciona sposobnost objekta kao cjeline.

3. Prednosti u velikoj brzini građenja.

4. Potpuna uporabivost objekta odmah nakon montaže.

5. Veća mogućnost provedbe standardizacije i tipizacije projekata, elemenata i obrtničkih radova.

Osim primjera iz poduzeća »Jugomont« u Zagrebu je još 1947. g. montirana u Zagrebačkoj ulici broj 5 jedna montažna betonska upravna zgrada tipa BSZ. U toj zgradi se i danas nalazi poduzeće »Monter«. Nakon 10 godina zgrada se pokazala konstruktivno stabilna i svrsishodna, uz izvjesne nedostatke kod toplinske izolacije.

Evo nekih iskustava o montažnoj izgradnji u inozemstvu:

U Sovjetskom Savezu započeta je 1955. god. masovna izgradnja montažnih stambenih zgrada. od nearmiranih ploča (panoa). Za petoetažne objekte izradili su projekte ing. Vasiljev i ing. Kaplunov iz Instituta Lenprojekt.

Karakteristični su ovi konstruktivni elementi: Temelji zgrade sastoje se iz armirano betonskih jastuka, te na njima vertikalno položenih betonskih blokova. Ugradba ovako jakih montažnih temelja opravdava se težinom objekta i postojanjem vertikalnih šavova na čitavoj visini zgrade. Na ovu montažnu konstrukciju temelja stavlja se uski serklaž.

Zidne ploče (panoi) za vanjske zidove izrađuju se na industrijski način iz šljaka betona MB 50. Za unutarnje zidove upotrebljava se ploče iz šljake betona MB 70. Osnovna vanjska ploča ima volumen 3,67 m^3 a teška je 4 560 kg.

Vanjske strane ploča za prve dvije etaže oblažu se kamenom a više etaže sa keramikom u kombinaciji sa gipsom.

Vertikalne dimovodne cijevi ugrađuju se već u procesu izrade panoa. Radi smanjenja težine, ploče imadu kanale promjera 150—200 mm. Srednji kanal ispod prozora koristi se za strujanje svježeg zraka, kroz ventil koji prima zrak.

Međusobno učvršćenje zidnih ploča horizontalno i vertikalno vrši se zavarivanjem metalnih pločica uz specijalno čvorno povezivanje.

Konstrukcija stropa riješena je na dva načina. Gdje su prostorije kvadratnog oblika, izrađuju se za čitavu površinu prostorija ravne montažne ploče sa horizontalnim otvorima. U ostalim dijelovima zgrade primjenjuju rebraste montažne ploče za čitavu površinu poda. Te ploče su teške 4 070 kg. Proizvode se tri različita tipa.

Posebno se izrađuju ploče sanitarnih čvorova One su od armiranog, za vodu nepropusnog betona, velike 3.0×1 8 m. Polažu se između kupaonice i nužnika. Pregradne i razdjelne stijene izvode se od betona sa sadrom i drozgom u jednom komadu za čitavu dužinu i visinu prostorija. Debljina tih stijena iznosi 8 cm. Na određenim mjestima upotrebljava se dvostruka stijena s razmakom od 4 cm, tako da ukupna debljina zida iznosi 20 cm. Debljine vanjskih zidova zavise od visine i opterećenja objekta, a ne odstupaju mnogo od debljine klasičnih zidova.

Cijevi za zagrijavanje ubetonirane su u vanjske zidne ploče. Tijela za grijanje sastoje se od betonskih registratora, koji su položeni ispod prozorskih udubljenja.

Krovna konstrukcija je također montažna, a izrađena je od armiranog betona.

Na svakom gradilištu postoji u detalje razrađen projekat organizacije.



Sl. 2 — Montaža jedne peterokatnice u Lenjingradu

Za montažu, t. j. dizanje i ugrađivanje elemenata, koji su teški 4 560 kg, služe 5-tonske toranjske dizalice. Sva mehanizacija kao i prevozna sredstva dimenzionirana su prema težini i obujmu pojedinih elemenata. Vanjski kao i unutarnji, horizontalni i vertikalni transport dobro su riješeni.

Rezerve materijala na gradilištu su neznatne.

Na jednoj peterokatnoj zgradi zaposleno je 8 zidara — montera.

Na visini serklaža stavlja se prije polaganja stropnih ploča sloj za izravnanje, koji se kontrolira nivelirom.

Zamazivanje vertikalnih šavova vrši se betonom od šljake određenog vodocementnog faktora, tako da nije potrebno polaganje ljepenke na sljubnice.

Stolarski, staklarski, ličilački i instalaterski radovi dovršavaju se zajedno s proizvodnjom elemenata u fabrici. Klasični soboslikarski radovi se ne izvode. Na zaribane zidne površine lijepe se papirnate tapete raznih boja.

Po projektu organizacije bilo je predviđeno dovršenje peterokatnice za 115 dana. Međutim, rukovodioci gradilišta dali su usmene izjave, da montažu završavaju u roku od 48 dana sa 8 radnika.



Sl. 3 — Montažno gradilište u Lenjingradu

U Lenjingradu grade na taj način oko 30% stambenih zgrada. Stručni rukovodioci Glavlenjingradstroja izjavili su, da su postigli cijenu od 1 100 rubalja po m^2 zagrađene površine, što znači oko 100 rubalja niže od cijene klasičnog građenja.

Svakako je sistem izgradnje s obzirom na stepen mehanizovanosti, brzinu građenja i kvalitet stanova vrlo privlačan. Međutim, moglo bi se prigovoriti, da princip ekonomičnosti građenja u ovom slučaju nije dovoljno zastupan. Ako bi analizirali samo korištenje toranjskih dizalica, pada nam u oči, da bi jedna dizalica trebala, po našem kriteriju, računajući trajanje pojedinih ciklusa kretanja, posluživati barem dva takova objekta. U Lenjingradu, n. pr., dolaze gotovo dvije dizalice na jedan objekat. Po našim shvaćanjima mogло bi se prigovoriti i unutarnjem rasporedu, arhitekturi i kvalitetu nekih vrsta zanatskih radova. Na pr., razvod električnih instalacija nalazi se na površini zida. Na izradu stolarskih radova nije obraćana dovoljna pažnja, a fasadne površine mogle bi se riješiti upotrebom jeftinijih vrsta materijala. Svi ti nedostaci mogli bi se riješiti bez većih teškoća. Prema izjavi glavnog inženjera tog poduzeća fabrika montažnih elemenata snabdjevat će uskoro oko 7 000 stambenih zgrada. Takav način izgradnje stambenog prostora neminovno će doprinijeti bržem rješavanju stambenog problema, koji je u gradovima SSSR-a teži nego kod nas.

Naši drugovi, koji su posjetili Čehoslovačku, donijeli su niz detalja i projekata, iz kojih se vidi, da i u Čehoslovačkoj primijenjuju masovnu izgradnju montažnih stanova. Isto tako je montažna izgradnja stambenih zgrada zastupana i u mnogim zemljama zapadne Evrope o čemu postoje ekonomske analize, podaci i razni tehnički detalji u poduzeću »Jugomont«.

Prema izjavi arh. Bernarda Wagnera, opunomoćenika SAD za Tehničku pomoć Evropi, koji je boravio početkom februara u Zagrebu, u SAD je prefabrikacija u građevinarstvu tek u razvoju. Ona je rezultat standardizacije i modularnog sistema. Wagner navodi primjer, da su u SAD prije prošlog rata imali oko 30 000 raznih veličina i tipova prozora. Poslije rata sveli su taj broj na oko 3 000.

O načinu stambene izgradnje u SAD sukobila su se dva suprotna mišljenja. Većina arhitekata i projektanata bili su protiv montažnog i polumontažnog sistema. Izvođači su se oduševili za taj način građenja. Građevinski radnici su odmah prihvatili novu ideju, jer su uslovi rada u zatvorenim radionicama za radnike povoljniji nego na otvorenom, gdje su oni izloženi vremenskim nepogodama. Ta dva suprotna stanovišta konačno su se zbližila. U praksi se upotrebljava onaj sistem građenja, koji u danim uslovima daje povoljnije ekonomske rezultate. U SAD godišnje grade oko 1 200 000 stanova. Od toga 90% pripada individualnoj izgradnji. To su uglavnom prizemnice i jednokatnice. 10% pripada velikim stambenim blokovima u svrhu blombiranja praznih terena i uređenja u centrima gradova. U ovih 10% država učestvuje sa oko 3% financijskih sredstava. U izgradnji upotrebljavaju veće količine drveta kao osnovni građevni materijal. Žbukanje unutarnjih zidova potpuno je izbačeno. Umjesto žbuke upotrebljavaju nove materijale na bazi gipsa. Po njegovom mišljenju cijene montažnih objekata u SAD izjednačene su sa cijenama polumontažnih objekata. Fabrika elemenata može ekonomično snabdijevati objekte na udaljenosti najviše 300 milja od fabrike.

Na kraju se arh Wagner izjasnio vrlo povoljno o jugoslavenskom građevinarstvu, osim kritičnog osvrta na velike količine živoga rada u radioni »Jugomonta«.

Šta da se poduzme kod nas za brže, kvalitetnije i jeftinije građenje u 1957. god.?

Po mom mišljenju trebalo bi poduzeti paralelno niz mjera.

Uvećana financijska sredstva postoje. To je jedan od uslova da se mogu poduzeti mnogo obimnije mjere nego do sada, vodeći strogo računa o racionalnom korištenju tih sredstava. Samo postojanje financijskih sredstava nije dovoljno. Stoga valja organizirati utrošak i osigurati optimalne rezultate.

Postoji niz razrađenih materijala iz oblasti ekonomike građenja, kao što su: osiguranje novih građevinskih materijala, mjere za usavršavanje sredstava, s kojima raspolažemo, te problemi tipizacije i standardizacije. Njih treba prihvatiti i u tu svrhu donijeti odgovarajuće zakonske propise.

Paralelno treba na početku godine organizirati ubrzano dovršenje objekata, započetih ranijih godina, te u tu svrhu mobilisati sva postojeća operativna sredstva.

Za nove objekte treba ubrzati racionalno projektovanje, tako da u toku građenja bude moguće podići stepen mehanizovanosti i organizovanosti građevinskog procesa, usvajajući savremene koncepcije rada. U tu svrhu potrebni su češći dogovori investitora, projektanta i izvođačkih poduzeća.

Pri izdavanju radova treba voditi računa o tome, da se mobilišu sve raspoložive snage. Na prvome mjestu treba aktivizirati široki krug investitora, kao što su narodni odbori kotareva i općina, privredna poduzeća, ustanove, stambene zadruge i pojedince. Pridržavajući se principa racionalnosti, ekonomičnosti i društvene rentabilnosti, investitori bi trebali dati što prije zahtjeve projektantskim i izvođačkim organizacijama. Pitanje oko rješenja anuiteta i druge probleme investitori bi trebali naknadno rješavati.

Diskusije, da li graditi na klasičan, polumontažni ili montažni način, korisne su; međutim, one ne bi smjele uticati na početak zamašnih radova i razvijanje šireg fronta građenja. U ovoj godini treba koristiti sve poznate načine građenja, uz usavršavanje sredstava i materijala, koje imamo.

Montažnoj izgradnji treba pristupiti studioznije i smjelije. Kod ovog načina građenja treba sagledati znatne prednosti, a to su:

1. Brzina građenja. Objekti mogu u vrlo kratkom vremenu dobiti upotrebnu vrijednost.

2. Mijenjaju se uslovi rada na gradilištu. Montažom krupnih elemenata i upotrebom odgovarajuće mehanizacije smanjuje se količina živoga rada. Prema tome se smanjuje i problem nedostatka radne snage, a u to i teškoće oko godišnjih oscilacija priliva radne snage, smještaja, prehrane, prijevoza i drugih teškoća.

3. Omogućava se provođenje optimalne organizacije građevinskog procesa i veći stepen mehanizovanosti rada. Omogućava se bolje korištenje mehanizacije i provođenje pravilnosti rada mašina, na principu cikličkog rada, što neminovno dovodi do podizanja kolektivne produktivnosti rada.

4. Tim načinom građenja stambenih zgrada najviše se približavamo industrijskom načinu građenja, koje omogućava tehnološki lanac masovne serijske proizvodnje.

5. Tehnički nadzor i kontrola na gradilištu postaju mnogo jednostavniji.

6. Postoje veće mogućnosti štednje, naročito na materijalu.

Sve te prednosti, uz dobre ekonomsko tehničke analize, moraju dati odgovor o visini cijene po jedinici mjere.

Stoga su opravdani napori Narodnog odbora kotara Zagreb da u toku ove godine, u saradnji s radnim kolektivom, osposobi jedno poduzeće za industrijsku proizvodnju montažnih elemenata i montažnu izgradnju stanova. Ulaganje većih investicionih sredstava u to poduzeće zahtijeva i veću društvenu odgovornost, veću tehničko-ekonomsku pomoć i kontrolu provođenja dobre organizaécije u ovoj industriji. Ostala građevna poduzeća trebala bi znati program te industrije, kako bi uskladila svoje investicione planove. Naime, ukoliko bi industrija elemenata bila u stanju da organizira masovnu proizvodnju elemenata, građevna poduzeća trebala bi nabaviti odgovarajuću mehanizaciju za montažu isporučenih elemenata.

S obzirom na to, da se glavnina radova odvija po ustaljenom sistemu građenja, najveće probleme u izgradnji predstavljaju snabdijevanje materijalom i zanatski radovi. Na početku godine treba osigurati kritične materijale kao što su tanki profili betonskog željeza, pocinčani lim, staklo, rezana građa i t. d. Ove godine u kritične materijale ubrajamo i opeku, jer 50% opeke treba dovoziti iz udaljenih ciglana. Zato treba već sada angažovati sredstva javnog transporta.

Društveni planovi trebali bi predvidjeti energičnije mjere, da se likvidira zaostalost u proizvodnji građevinskog materijala. Građevni materijal učestvuje sa oko 40% u ukupnoj cijeni po m² stambene površine. Zato je važno sniziti te stavke i spriječiti plaćanje transportnih troškova za dovoz opeke u Zagreb i Karlovac iz drugih mjesta.

Kako zanatski radovi učestvuju sa oko 35% u cijeni po 1 m² stambene površine, treba unaprijediti naše građevinsko zanatstvo. Zaostalost u zanatstvu likvidirat ćemo orijentacijom na industrijsko zanatstvo. Mehanizovanost od 0.6 KS po jednom radniku treba smjelije povećati, o čemu naši društveni planovi treba da vode više računa.

Bržem građenju može pridonijeti rješavanje organa komunalnih službi i investitora, kao što su ekspeditivnije izdavanje građevinskih dozvola, ekspeditivnije rješavanje energetskih priključaka na gradilišta, ekspropijacija terena, iskolčenje objekta i t. d. Sistem revizije trebalo bi unaprijediti. Prilikom revizije valjalo bi više uzimati u obzir neke opravdane prigovore građana.

U okviru mjera za izdizanje kadrova treba požuriti s izgradnjom i organizacijom građevinskih centara i škola u Zagrebu i ostalim mjestima, prema planu stručnog udruženja građevinskih poduzeća.

U kolektivima građevinskih poduzeća valja zametnuti borbu za usvajanje savremenih koncepcija građenja, za poznavanje i usvajanje pravilnosti rada mašina i pronalaženje optimalne organizacije poduzeća i gradilišta, što se mora ogledati u dobrom projektu organizacije i njegovoj realizaciji.

Na kraju želim napomenuti, da će što skorije usvajanje i rješavanje opetovanih prijedloga građevinske komore, stručnih udruženja i sindikata, u vezi s utjecajem instrumenata društvenog plana na građevinarstvo, te niz drugih prijedloga u vezi s aktuelnim problemima građevinarstva, koji su upućeni organima vlasti, pridonijeti bržem, kvalitetnijem i jeftinijem građenju.

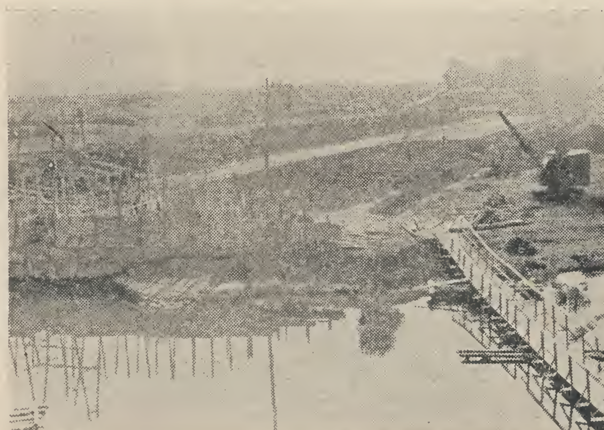
S naših gradilišta

STANJE RADOVA NA IZGRADNJI HIDROELEKTRANE GOJAK KOD OGULINA

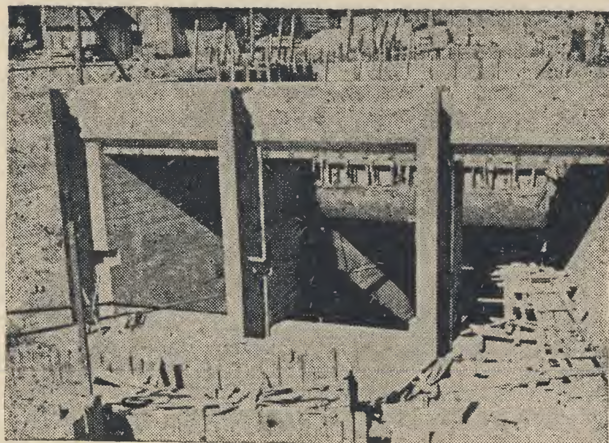
Ing. **Valter Janaček**, Zagreb

U toku 1956. god. zabilježen je vrlo velik napredak na izgradnji ovog energetski osobito značajnog objekta. To su pretežnim dijelom omogućile dobre vremenske prilike, koje su znatno produžile građevnu sezonu i dovele do osobito sušnog ljeta, koje je pogodovalo izvođenju svih vanjskih objekata (brana, ulaznih uređaja i strojarnice).

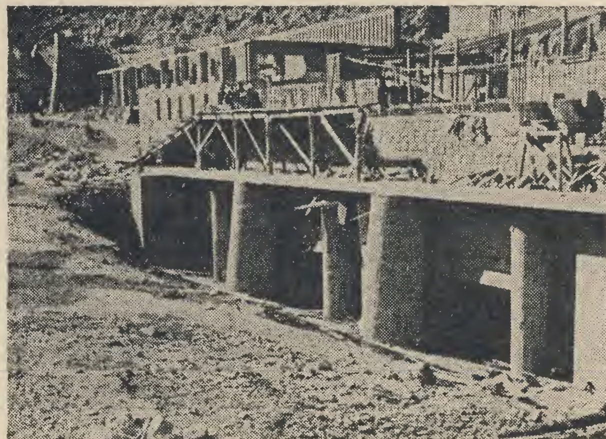
Za 1956. god. prema operativnom planu je bilo predviđeno da se izvrše građevinski radovi za 1.209 milijuna dinara; stvarno ih je bilo izvršeno za 1.276 milijuna dinara, t. j. za 6,5% više. Da nije početkom godine nastala kriza u opskrbi gradnje električnom energijom, zbog čega se uopće nije moglo raditi više od 2 tjedna, uspjeh bi bio još i veći. Od glavnih radova izvedene su u toku 1956. god. ove količine:



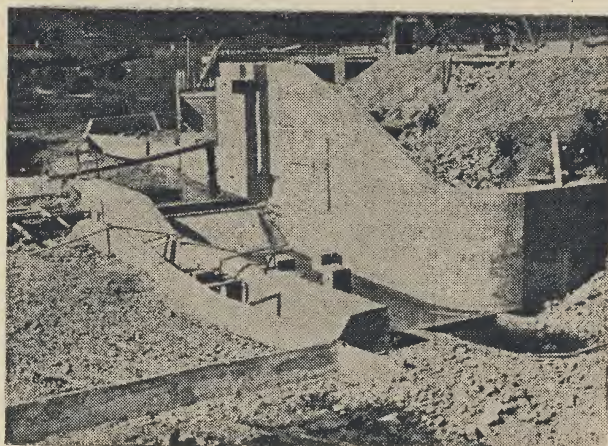
Sl. 1 — Nasuti dio brane Sabljaci na r. Mrežnici



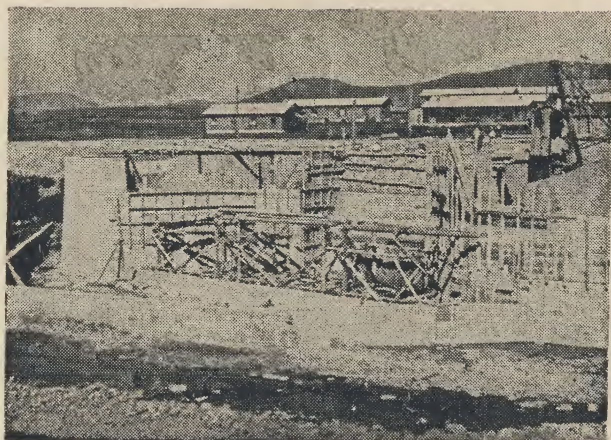
Sl. 2 — Ulazni uređaj Sabljaci na r. Mrežnici



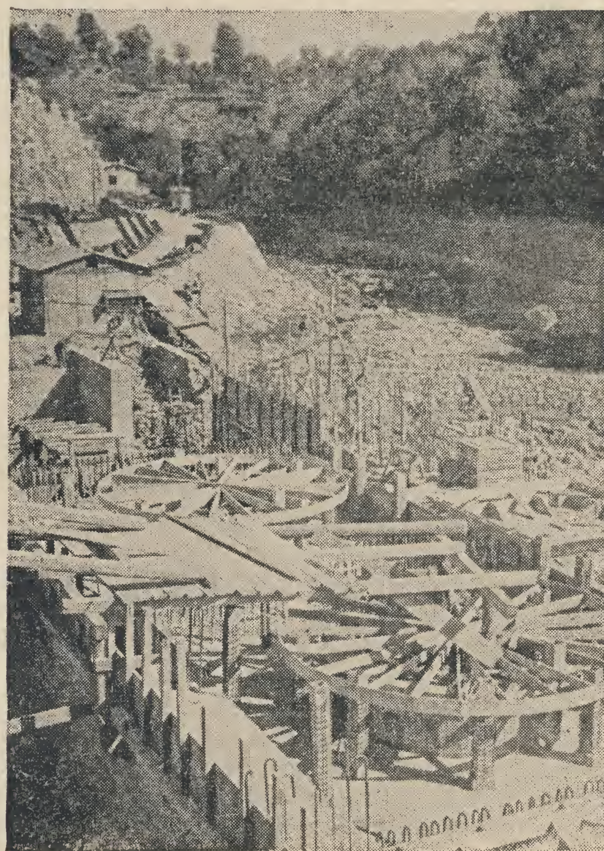
Sl. 5 — Strojarnica — izlaz iz aspiratora



Sl. 3 — Brana Bukovnik na r. Dobri



Sl. 4 — Ulazni uređaj Bukovnik na r. Dobri



Sl. 6 — Strojarnica — generatorska ploča

iskop vanjski	m^3	16 636
iskop tunelski	m^3	63 182
beton vanjski	m^3	14 281
beton tunelski	m^2	31 094
ziđe razno	m^3	2 969
nasip	m^3	14 978
armatura	kg	313 400

Što se tiče građevinskih radova, napredovala je gradnja HE Gojak u toj mjeri, da se gotovo na svim objektima moglo započeti s montažom hidromehaničke opreme, a uskoro se predviđa i početak montaže elektrostrojarske opreme. Stanje radova i uigranost radnih procesa su takvi, da se već danas s velikom sigurnošću može fiksirati završetak građevinskih radova krajem 1957. god.

Stanje radova na pojedinim objektima (idući u smjeru kretanja pogonske vode) je ovo:

— Brana Sabljaci (na r. Mrežnici): Završena je prva faza izgradnje betonskog dijela brane. Druga faza slijedi tek po završetku montaže hidromehaničke opreme, koja je već u toku. Od nasutog dijela brane izvedeno je cca 35%.

— Ulazni uređaj Sabljaci (Mrežnica): Građevinski radovi su praktički završeni. Montaža hidromehaničke opreme je u toku.

— Brana Bukovnik (na r. Dobri): Glavni građevinski radovi su praktično završeni do te mjere, da se može započeti s montažom hidromehaničke opreme, koja međutim još nije isporučena.

— Ulazni uređaj Bukovnik (Dobra): Građevinski radovi su praktično završeni. Montaža hiromehaničke opreme mogla bi odmah započeti.

— Dovodni tunel: Iskopano je svega 97% dužine i oko 87% ukupne količine. Nije probijena svega 1 dionica od oko 250 m. Od betonske obloge izvedeno je oko 35% sveukupnih radova.

— Vodna komora: Radovi na iskopu su u završnoj fazi.

— Kosi tlačni cijevni vod: Kosi rov je probijen i izgrađen u toj mjeri, da neposredno predstoji montaža cijevnog voda.

— Strojarnica: Glavni građevinski radovi završeni su po planu, tj. do kote poda strojarnice. Da na tim radovima nije bilo više od jednomjesečnog zastoja zbog teškoća sa dijelovima opreme, koja se ugrađuje, bio bi plan ovog objekta znatno premašen, te izgrađena i kranska staza. To bi bitno olakšalo održavanje rokova montaže opreme i dovršenja cijelog postrojenja.

— Rasklopnica 30 kV i 110 kV: Radovi su napredovali prema planu tako, da već u II. kvartalu 1957. god. započinje montaža opreme.

Iz navedenoga se vidi, da je na ovoj gradnji već izvršeno preko 75% sveukupnih građevinskih radova, tako da izvršenje preostalih cca 25% radova u toku 1957. god. predstavlja za tamošnju građevnu operativu, građevno poduzeće »Hidroelektra« iz Zagreba, realan i ostvariv zadatak.

Iz inozemnih časopisa

PRVI VLAK NA PNEUMATIKAMA NA PARISKOJ GRADSKOJ ŽELJEZNICI

(Le Génie Civil, Paris, decembar 1956.)

Na pariskom metropolitenu (»metro«-u) pušten je 8. novembra 1956. u saobraćaj prvi vlak na gumama, i to na liniji br. 11 Châtelet-Mairie des Lilas. Uzvanici su se na probnoj vožnji mogli uvjeriti o komforu, koji pružaju nova kola, naročito o mirnom hodu. Ubrzanje vožnje, koje je također karakteristično za ovo novo transportno sredstvo nije došlo do izražaja, jer je novi vlak bio uvršten u redovni red vožnje na toj liniji.

O upotrebi vozila na gumama na pariskoj gradskoj željeznici raspravlja se još od 1930. god., a prototip novog vozila dovršen je u god. 1951. S tim vozilom su vršeni pokusi na jednom mrtvom kraku željeznice, dugom 800 m. Na temelju stečenih iskustava doživjela je prvotna koncepcija više promjena. Najzad se u julu 1954. pristupilo građevinskim radovima na adaptaciji pruge na spomenutoj liniji br 11, a istovremeno je počela i izrada vozila za tu liniju.

Linija br. 11 Châtelet — Mairie des Lilas naročito je pogodna za pokusnu primjenu novog sistema iz ovih razloga:

— ona je relativno kratka (6,3 km), tako da građevinske investicije nisu velike;

— u njenoj trasi ima zavoja s malim polumjerima;

— pruga leži većim dijelom u usponu 40‰;

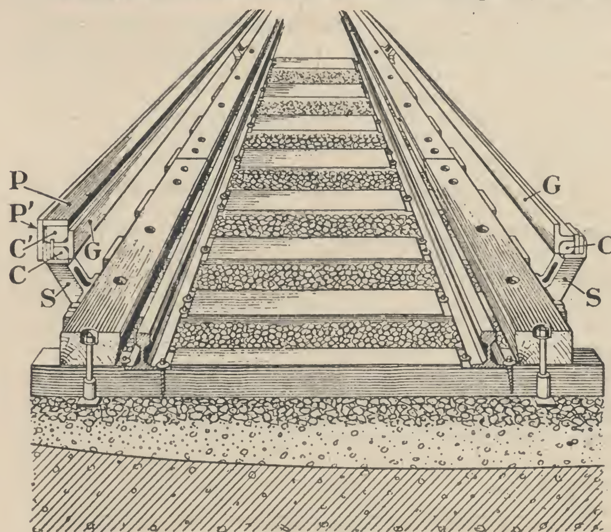
— na njoj je velik promet u satima najveće frekvencije.

Na njoj će se dakle moći ispitati prednosti i nedostaci vozila na gumama u najtežim pogonskim uslovima.

Adaptacija gornjeg stroja izvedena je tako, da prugom mogu prolaziti stara i nova vozila (sl. 1).

Stazu za kotače s gumama čine uzdužni pragovi od drveta zvanog »azobé«, koje potječe iz ekvatorijalne Afrike, a ima guste godove, te veliku tvrdoću i otpornost na habanje (sl. 1).

Tračnice vodilice *G* su metalne, presjeka T. One ujedno služe kao vodovi za napajanje, a počivaju na metalnim konzolama *S* posredstvom izolacionih jastuka *C* impregniranih sintetičkim smolama. Na prvoj dionici



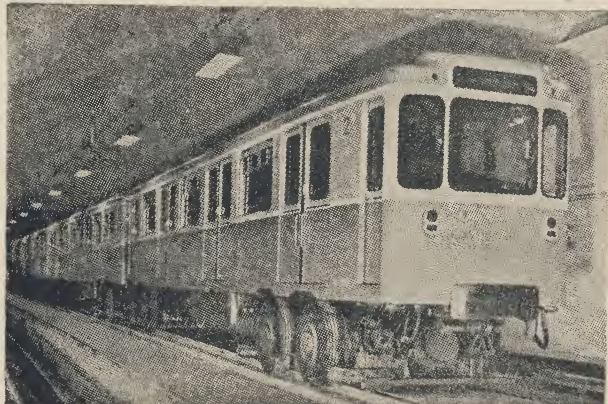
Slika 1

pruge učvršćene su konzole *S* na poprečne pragove, a na drugoj dionici one su usađene u betonske blokove. Tračnice vodilice *G* postavljene su na razmak 2,44 m.

Na mjestima pruge, gdje ima pristup osoblje, vodilice su pokrivene zaštitnim (izolacionim) daskama P i P' od smolastog drveta.

Tračnice normalne pruge ostavljene su i dalje. One služe kao sigurnosne tračnice za slučaj prskanja guma, a omogućuju prolaz prugom i kolima starog tipa. Osim toga one služe za odvod struje i zatvaranje kruga za signalizaciju.

Po pruzi će se kretati kompozicije sa četvero kola. Prva i zadnja kola su pogonska, s kabinom za mašinistu. Jedna kola u sredini kompozicije su pogonska, ali bez kabine za mašinistu, dok četvrta kola bez motora. U vlaku ima u svemu mjesta za 650 putnika (od toga 96 za sjedenje). Maksimalna brzina kretanja 55 km/sat.



Slika 2

Opći izgled vlaka vidi se na slici 2 (vlak je snimljen na sporednom kolosjeku, bez staze za gume i bez tračnica vodilice). Na osovinama su diferencijali analogni onima na vozilima cestovnog saobraćaja, što je velika novost za željeznička vozila. Kočenje se vrši pritiskanjem drvenih papuča na čelične sigurnosne obruče.

Eksploatacija na pruzi broj 11 vrši se sa 17 kompozicija, a u rezervi se nalaze troja motorna kola.

Kola su izrađena u dvije grupe tvornica i nisu sva posve istog tipa. Postoje mnogobrojne sitnije razlike u konstrukciji. U pogonu će se pažljivo motriti i bilježiti prednosti jednog i drugog tipa s obzirom na pogonsku sigurnost i održavanje.

Iskustva sa pruge br. 11 očekuje se sa velikim zanimanjem. Željelo bi se što prije utvrditi, da li su potrebne kakve modifikacije ili ispravke novog sistema, pošto je u planu za god. 1957.—1961. modernizacija i obnova pruga broj 1 (Chateau de Vincennes — Pont de Neuilly) i broj 4 (Porte de Clignancourt — Porte d' Orleans).

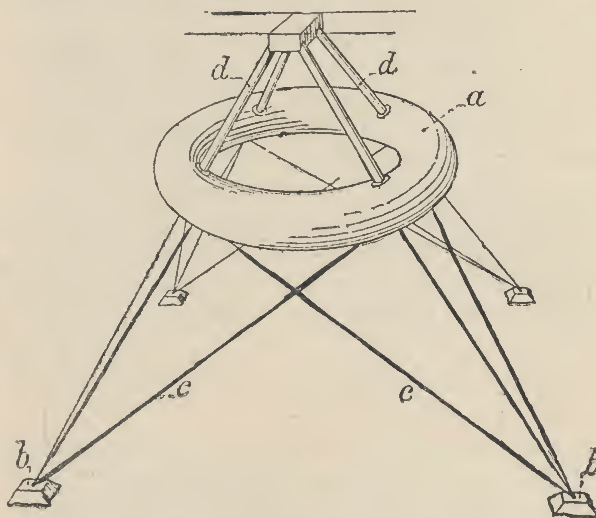
Na ove dvije linije vrši se već nekoliko godina eksploatacija uz maksimalno iskorištenje postojećeg voznog parka (kompozicije sa 5 kola i ukupno 750 mjesta, koje se kreću komercijalnom brzinom 22 km/sat uz maksimalnu akceleraciju 0 65 m/sec² i usporenje od kočenja 0,85 m/sec²). Kako kola na gumama dopuštaju veća ubrzanja i usporenja (1,4 odn. 1,6 m/sec²), može se povećati komercijalna brzina na 27 km/h i smanjiti interval među pojedinim vlakovima od 1 min 45 sec na 1 min 30 sec. Time bi se znatno povećao kapacitet tih pruga bez velikih investicionih ulaganja u produženje stanica na 105 m, koja bi bila potrebna, ako bi se htjelo problem riješiti vlakovima sa 7 kola klasičnog tipa (kao što se to namjeravalo pred drugi svjetski rat). *B. P.*

PROJEKT PONTONSKOG MOSTA PREKO MESINSKOG TJESNACA

(Le Génie Civil, Paris, novembar 1956.)

Za prijelaz preko Mesinskog tjesnaca između Kalabrije i Sicilije, koji je na najužem mjestu širok oko 3 km, bila su u prošlosti predlagana razna rješenja. Sada se saobraćaj vrši feribotima, ali je njihov kapacitet već davno premalen.

Nedavno je L. Chadenson izradio za prijelaz preko tjesnica originalan projekt. Objekt bi se moglo nazvati »nepomičnim pontonskim mostom«.

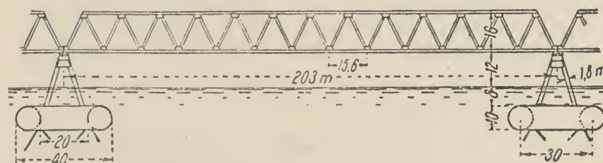


Slika 1

Dubina tjesnaca (od 100 do 200 m), priroda podmorskog tla, morska strujanja i plima amplitude 20 do 30 cm predstavljaju veliku zapreku za podizanje mosta na stupovima ili pontonskog mosta klasičnog tipa. Stupovi bi stajali ogromne iznose, a pontoni izvedeni na uobičajen način ne bi uz dane okolnosti osiguravali sigurnu vožnju.

Most po projektu L. Chadensona ustvari bi bio pontonski most (jer su vertikalni tereti izbalansirani uzgonom na plovke), ali kako su plovci posve uronjeni u vodu i zakotveni u dno (sl. 1), oni ne bi mijenjali svoj položaj pod utjecajem talasa i plime.

Plovci su od čelika, a imaju oblik cilindričnog prstena unutrašnjeg otvora 30 m i promjera presjeka 10 m. Svaki plovak je sadržine 7 400 m³ i mogao bi da nosi teret od 5 400 tona. Mosna konstrukcija (sl. 2) ima raspon 203 m. Njezina je težina 2 000 t, a maksimalni korisni teret u jednom polju 900 t. Prema tome bi i kod punog opterećenja mosta višak uzgona svakog plovka iznosio 2 500 t, čime bi bila osigurana velika stabilnost



Slika 2

mosta. Povećanje pokretnog tereta za 200 t prouzrokovalo bi sniženje potpora mosta za 1 cm, a prolaz jednog kamiona od 30 t jedva bi se i osjetio. Promjene nivoa mora od plime i morske struje ne bi utjecale na položaj plovka i most bi se mogao smatrati praktično nepomičnim.

Odabrani oblik plovka najpogodniji je za pružanje otpora protiv svih mogućih pomaka (3 translacije i 3 rotacije). Ukotvljenje bi se izvelo na ovaj način: svaki plovak je privezan u 4 točke, u svakoj točki svršavaju 3 kabela, koji čine triedar, čija je baza trokut što ga sačinjavaju tri bloka za zakotvljenje.

Kabeli su priklonjeni prosječno 35⁰ prema vertikali. Predviđeni su uređaji za njihovo zatezanje. Oni će biti zaštićeni od korozije zasebnim postupkom.

Svaki plovak ima 8 specijalnih pregrada, odijeljenih specifičnim pregradama, koje su normalno napunjeni

vodom. Pregrade su pomoću ventila spojene s površinom mora i mogu se priključiti na rezervoare komprimiranog zraka. Ako bi koji plovak dobio naprsline, voda iz tih pregrada dala bi se izagnati, čime bi se uspostavila potrebna moć nošenja.

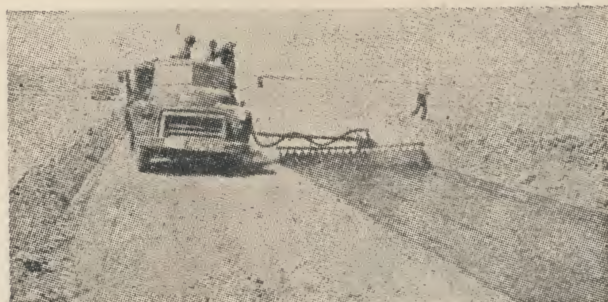
Projektom je zasebno razrađen način izrade i postavljanja blokova za zakotvljenje. To bi bio zamašan zadatak s obzirom na to, da bi blokovi imali težinu 2 240 t svaki.

Troškovi tog mosta iznosili bi prema grubom predračunu 16 milijardi franaka. Tunel ispod tjesnaca morao bi biti 5 km dug, a stajao bi oko 100 milijardi franaka. Pored toga, tunel bi u slučaju potresa bio izvrgnut oštećenjima ili čak uništenju. *B. P.*

ASFALTNA MEMBRANA ZA BRTVLJENJE JEZERA

(Engineering News Record, New York, novembar 1956.)

Za smještaj otpadnih tekućina trebalo je za jedan vojni arsenal kod Denvera u SAD izgraditi velik otvoren basen. U blizini tvornice se nalazi prirodna udolina



Slika 1

u površini od oko 40 hektara, koja je po konfiguraciji terena bila pogodna za stvaranje umjetnog jezera, oko 3 m dubokog. Za brtvljenje tla uzeti su u razmatranje portland cement, asfaltne ploče, nabijena nepropusna zemlja, injiciranje kemikalija i asfaltna membrana. Odabrana je ova posljednja (djelomice i zato, jer je to bio najekonomičniji način). Upotrebljeni bitumen je posljednji ostatak destilacije nafte. Uduhavanjem jednog katalizatora dolazi do kemijske promjene, kojom se postizava elastična i vrlo čvrsta, gumasta membrana.

Izvođaču je predan posao na temelju licitacije za 495 000 dolara.

Svi radovi su bili mehanizirani, a izvodili su se na ovaj način:

Najprije je grejderima i valjcima izravnan i komprimiran pojas širine 3,6 m. Predgrijani bitumen dovo-



Slika 2

zio se na mjesto ugradnje u izoliranim tenkovima. Stroj za prskanje bitumena bio je preudešen tako, da su prskalice bile smještene na konzoli istaka 4 m ugrađenoj s a s t r a n e vozila, a ne od ostrag (vozilo je,



Slika 3

dakle, išlo po susjednom pojasu, a ne po onom koji se prskao (vidi sl. 1). Utrošak bitumena je iznosio 6 do 7 litara na 1 m². Bitumen nije prskan odjednom na potpunu debljinu, već u tri sloja. Time se postigla membrana, koja je posve jednolična i bez rupica.

Na dovršenu membranu se nanosio zemljani pokrov 30 cm debljine. To se vršilo grejderima, koji su vozili jedan za drugim po susjednom (idućem) pojasu iste širine (3,60 m). Grejderi su ravnali novi pojas, a ujedno su prebacivali zemlju na dovršenu membranu u prvom pojasu i to počevši od udaljenijeg kraja pojasa u prugama 30 cm širokim, sve dok nije bila pokrivena cijela membrana izuzev rub od 30 cm (sl. 2).

Prije nego što se prišlo prskanju membrane u novom pojasu očišćen je rub membrane prethodnog pojasa od hrpica zemlje i prašine mlazom zraka iz pokretnog kompresora (sl. 3). Ovo čišćenje je bilo potrebno, da bi se osigurao dobar spoj novog pojasa membrane s prethodnim. Preklop pojaseva membrana iznosilo je 10 do 15 cm.

Posao j pri kraju, a opisanu tehniku rada, koju vojni inženjeri smatraju ingenioznom i uspješnom, razradio je izvođač.

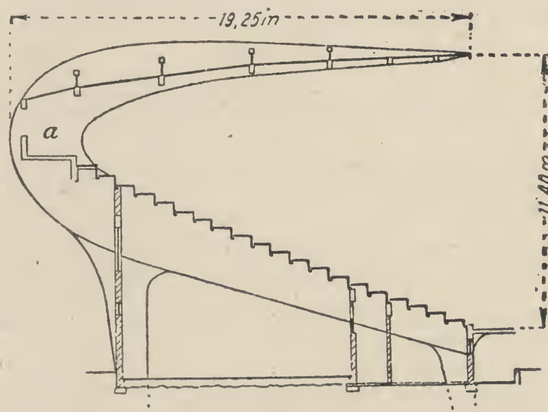
B. P.

NATKRIVENA TRIBINA OD ARMIRANOG BETONA U JUŽNOJ AFRICI

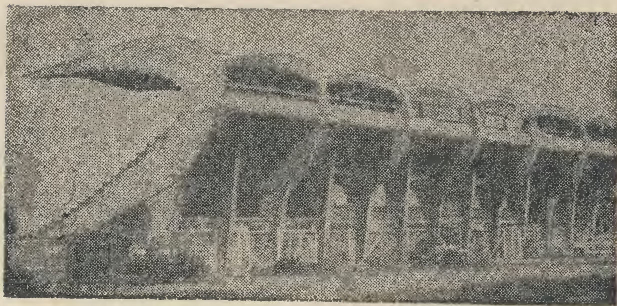
(Le Génie Civil, Paris, oktobar 1956.)

Natkrivena tribina od armiranog betona originalne dispozicije podignuta je nedavno na novom stadionu u mjestu Bloemfontein u provinciji Orange u Južnoafričkoj Uniji. Kostur nosača te tribine sačinjavaju sedam glavnih elemenata u obliku potkove.

U gornjem dijelu elementi su spojeni ljuskastim svodovima debljine 57 mm, a u donjem vertikalnim nosačima, koji nose klupe (sl. 1 i 2).



Slika 1



Slika 2

Svaki element počiva na 2 stupa debljine 45 cm, čija širina raste od temelja prema gore (zadnji red stupova ima širinu između 2 i 3 m, a prednji red između 1 i 1,5 m).

Dio elementa, gdje je najveći moment (kod točke a u sl. 1) ima presjek 3 m x 0,6 m, a armiran je sa 26 šipaka 32 mm. Od te točke prema istaku krova debljina elementa se smanjuje na 30 cm. U donjem dijelu debljina je stalna (60 cm). Svodovi imaju strelicu 60 cm, a horizontalnu silu preuzimaju zatege.

Na tribini ima 2 000 sjedaćih mjesta.

Dužina tribine iznosi 57,3 m.

Upotrebljen je beton čvrstoće između 300 i 500 kg/cm². Po skidanju oplate kraj krovne konzole spustio se za 30 mm.

Prostor ispod tribine je iskorišten za svlačionice, društvene i pomoćne prostorije.

B. P.

RADOVI NA TIGRISU I EUFRATU

(Le Génie Civil, Paris, septembar 1956.)

U Iraku se vrše veliki radovi na rijekama Tigris i Eufrat, čija je svrha sprečavanje poplava i navodnjavanje ogromnih područja u Mezopotamiji.

Kao što je poznato, u Mezopotamiji je za vladavine Kaldejaca i Asiraca trajao dug period blagostanja, zahvaljujući promišljenom sistemu natapanja. Poslije invazije Perzijanaca kanali su zapušteni i zemlja je opustjela.

Početkom XX. vijeka izrađeno je nekoliko studija za uređenje dviju velikih rijeka, ali se zbog nedostatka sredstava nije pristupalo njihovoj realizaciji. Tek u najnovije vrijeme, kada su se ekonomske prilike Iraka, zahvaljujući njegovim petrolejskim poljima, donekle poboljšale, moglo se pristupiti izradi projekata, a prije dvije godine i izvođenju radova.

Osebujnost usvojenog projekta za uređenje rijeke Tigris sastoji se u tom, da će se za slijevanje najvećih poplavnih voda koristiti ogromna depresija u terenu (Vadi Tartar), čija najveća dubina ispod okolnog zemljišta iznosi do 70 m (vidi sliku). Depresija ima na koti + 60 m površinu 2 000 km² i kapacitet 67 milijardi m³.

Brana na Tigrisu izgrađena je kod Samare (stare prijestolnice Mezopotamije). Brana je duga 252 m, a ima 17 otvora 12 m širokih, koji se zatvaraju vertikalnim zapornicama 4,80 m visokim. Branom će se postizavati uspor na kotu 69 m (prag brane ima kotu 58 m, dno rijeke uzvodno kotu 52 m). Maksimalan normalan protok otvorima brane iznosi 3 500 m³/sec, a računa se, da će iznimno moći protjecati do 7 000 m³/sec.

Usporena voda će teći najprije u prvu, manju i pliću depresiju, koja će pomoću zaštitnog nasipa na jugoistočnoj strani, dugog 53 km, visokog 6,5 m biti pretvorena u akumulacioni basen sa površinom 300 km².

Materijal potreban za gradnju tog nasipa dobiva se iskopom kanala 5,7 km dugog, 150 m širokog, koji spaja manju depresiju sa depresijom Tartar. Najveća dubina usjeka za kanal iznosi 17 m, a obujam zemljišnih radova oko 40 miliona m³. Za izvršenje ovog golemog



posla podignute su duž trase kanala i nasipa provizorne nastambe za 1 500 ljudi i iz SAD dopremljeno stotinjak turnapula, traktora i skrejpera te velik broj kamiona. Mjesečni učinak dostiže 1 milion m³.

Uz branu na rijeci predviđena je gradnja elektrane jačine 100 MW.

Regulacioni i ulazni uređaji za glavni natapni kanal bit će 50 m dugi.

Brana slična ovoj kod Samare, ali manja, bit će podignuta na rijeci Eufratu kod mjesta Ramadi.

B. P.

Iz društva građevinskih inženjera i tehničara N R Hrvatske

GLAVNA GODIŠNJA SKUPŠTINA DRUŠTVA GRAĐEVNIH INŽENJERA I TEHNIČARA NR HRVATSKE

V. redovna godišnja skupština Društva građevnih inženjera i tehničara Hrvatske održana je u Zagrebu 10. veljače ove godine uz prisustvo delegata gotovo svih podružnica. Rad skupštine odvijao se po već uobičajenom dnevnom redu.

Tajnički izvještaj, koji je podnio drug Odrčić, obuhvatio je rad Društva u toku cijele godine, pa ćemo ukratko prikazati najinteresantnije dijelove izvještaja.

Posljednjih godina stalno raste broj članova, tako da ih danas u svim podružnicama ima blizu 1 500. U Hrvatskoj ima ukupno 13 podružnica i sekcija, i to u Zagrebu, Rijeci, Splitu, Ogulinu, Osijeku, Sl. Brodu, Zadru, Šibeniku, Puli, Dubrovniku, Sisku, Umagu i Ličkom Osiku. Većina tih podružnica razvila je tijekom godine znatnu aktivnost.

Glavni zadaci, koje je Izvršni odbor rješavao tokom godine, bazirali su na zaključcima prošlogodišnje skupštine. Tako je bila formirana komisija za izobrazbu tehničkih kadrova, koja je pod rukovodstvom ing. Ervina Nonveillera izradila prijedlog za pobolj-

šanje izobrazbe srednjih i viših tehničkih kadrova. Zaključke te komisije donijeli smo u »Građevinaru« br. 5/1956.

Komisija za ekonomičnije građenje stambenih objekata, na čelu s ing. Stankom Bakračem, a uz suradnju s komisijom Izvršnog vijeća NRH izradila je niz uputa za stambenu izgradnju.

Komisija za rad na donošenju potpunijih tehničkih propisa u oblasti građevinarstva dala je nadležnim državnim organima svoje primjedbe na nacrt većeg broja uredaba i zakona.

Među najvažnije akcije Društva spada rad na stručnom uzdizanju članova putem stručnih kurseva. U tu svrhu Društvo je organiziralo dva kursa, jedan za cement i beton, a drugi za geomehaniku. O zadacima i programu tih kurseva pisali smo u broju 6 iz 1956. godine. Oba kursa počela su radom 11. II. o. g. Kurs za cement i beton sluša 27, a kurs za geomehanike 22 polaznika. 25. II. o. g. započinje drugi kurs za cement i beton sa 26 polaznika. Na kursevima predaje ukupno 25 predavača. Polaznici su namještenici ustanova i poduzeća iz cijele republike, a ima i izvjestan broj slušača iz Makedonije i Slovenije. Detaljnu analizu tih kurseva dat ćemo u jednom od narednih brojeva našeg časopisa. Kurs za organizaciju gradilišta još nije započeo.

Kao daljnji uspjeh Društva treba zabilježiti redovno izlaženje časopisa »Građevinar«. Tijekom 1956. godine izašlo je 6 brojeva i jedan poseban broj povodom Savjetovanja hidrotehničara. Od početka 1957. godine list izlazi mjesečno.

Naše Društvo organiziralo je prošle godine Savjetovanje hidrotehničara FNRJ u Zagrebu, na kojem je bilo 275 učesnika iz cijele zemlje i koje je završilo uspjelom ekskurzijom na gradilište HE Gojak i Vinodol. Na inicijativu Društva sudjelovalo je na Savjetovanju stručnjaka za puteve FNRJ na Bledu preko 80 delegata iz Hrvatske, a delegati svih naših podružnica prisustvovali su I. jubilarnom kongresu Društva građevnih inženjera i tehničara FNRJ u Beogradu.

Društvo je organiziralo krajem prošle godine svoju kancelariju s redovnim radnim vremenom.

Nakon tajničkog izvještaja podneseni su izvještaji blagajnika, Redakcionog odbora »Građevinara« i Nadzornog odbora, pa je nakon priločno plodne diskusije starom odboru podijeljena razrješnica.

Tokom diskusije podnio je dosadašnji predsjednik Društva ing. Stjepan Lamer izvještaj o radu komisije Saveznog izvršnog vijeća za izradu perspektivnog plana razvoja građevinarstva. U radu te komisije sudjelovalo je preko 40 stručnjaka iz svih naših republika i iz svih područja građevinarstva. Ta je komisija radila kroz cio januar i februar, pa čim će sav materijal biti sređen dat će se na diskusiju svim stručnim društvima i udruženjima, kao i državnim ustanovama i zainteresiranim organima. Na osnovu rezultata tako široke diskusije utvrdit će se definitivni prijedlozi i zaključci i podnijet će se Saveznoj narodnoj skupštini, koja će na jednom od narednih zasjedanja na osnovu tih materijala razmotriti cjelokupnu problematiku građevinarstva FNRJ u cilju donošenja potrebnih odluka.

Na kraju je skupština izabrala novog predsjednika ing. Ervina Nonveillera, novi upravni i nadzorni odbor i redakciju časopisa »Građevinar«.

U Upravni odbor ušli su drugovi Jakov Bjelić, Juraj Cettolo, ing. Nikola Horvat, ing. Roman Jelovica, ing. Vladimir Paulić, Sead Redžić, Zvonko Veverka, ing. Lidija Zlatić.

U Nadzorni odbor drugovi Vatroslav Cota, ing. Vinko Studak i ing. Matija Vrkljan.

U Redakcioni odbor drugovi ing. Stanko Bakrač, ing. Vladimir Bedeković, ing. Valter Janaček, dr. ing. Rajko Kušević, ing. Ivan Milković, Zvonko Petrinović, ing. Franjo Simić, ing. Ervin Nonveiller, ing. Kruno Tonković i ing. Lidija Zlatić.

Na svojoj prvoj sjednici konstituirao se Upravni odbor, tako da je potpredsjednik Jakov Bjelić, tajnik Zvonko Veverka i blagajnik Juraj Cettolo.

Predsjednik Nadzornog odbora je ing. Matija Vrkljan, a glavni urednik »Građevinara« ing. Ervin Nonveiller.

L. Z.

GODIŠNJA SKUPŠTINA PODRUŽNICA I SEKCIJA DRUŠTVA GRAĐEVINSKIH INŽENJERA I TEHNIČARA HRVATSKE

Tokom mjeseca januara ove godine održale su sve podružnice i sekcije Društva svoje godišnje skupštine. Na tim skupštinama izneseni su detaljni izvještaji o njihovom radu, pa vidimo da se tokom ove godine rad u većini podružnica bitno razlikuje od dosadašnjeg rada. Svagdje se osjeća živost, veći interes i brojčani porast članova.

Podružnica Rijeka sa svojih 178 članova je jedna od najaktivnijih naših podružnica. Odbor je za svoje članove organizirao dvije uspjele ekskurzije i to jednu u Ljubljanu na izložbu »Stan za naše prilike«, a drugu u Kopar, Buje i Pulu. Održao se veći broj predavanja i diskusionih večeri. Dobar način rada je svakako formiranje sekcija za konkretna pitanja i zadatke. Tako su bile formirane sekcije za jeftinije građenje, za urbanistička riješenja grada Rijeke, te sekcije konstrukte-ra, hidrotehničara i putara. Najveće teškoće pojavile su se u radu podružnica radi nenadanog gubitka društvenih prostorija. Na Rijeci je Društvo imalo vrlo lijepe prostorije u centru grada, ali iz potpuno nerazumljivih razloga je stambeni ured našu podružnicu prisilno iselio iz tih prostorija, što se naravno negativno odrazilo na rad Društva.

U Splitu građevinari djeluju u jedinstvenom društvu inženjera i tehničara. Građevinska sekcija broji 148 članova. Osnovna djelatnost Sekcije sastojala se u slijedećem: Održano je 8 predavanja, prikazana su 4 stručna filma i održan je tečaj za polaganje stručnog ispita za tehničare. Velik broj članova Sekcije sudjelovao je u raznim komisijama NO općine Split, i surađivao kod riješenja nekih stručnih problema, kao što je pitanje splitske željezničke stanice, te izgradnja pruge Split—Zenica.

Na gradilištu »Hidroelektre« u Ogulinu djeluje podružnica koja broji svega nešto preko 30 članova, ali pokazuje veliku aktivnost. Tako je podružnica ukazala pomoć tehničarima kod polaganja stručnih ispita, organizirala nekoliko stručnih predavanja, izlete u bližu i daljnju okolinu Ogulina i nekoliko drugarskih večeri. Podružnica raspolaže sa svojom bibliotekom u kojoj ima preko 60 stručnih knjiga, koje članovi mnogo koriste.

U Puli djeluje podružnica koja ima svega 52 člana. Ova podružnica nije bila u mogućnosti da organizira neke veće samostalne akcije, ali su njeni članovi vrlo aktivno sudjelovali u raznim komisijama i sekcijama koje su pomogle organima narodne vlasti u izradi uputa za racionalnu stambenu izgradnju, u riješavanju urbanističkih problema grada, u komisijama za reviziju projekata i investicionih programa. Podružnica Pula obuhvaća teritorij cijele Istre, osim Umaga, koji ima svoju vlastitu sekciju. Međutim do sada nismo iz Umaga dobili izvještaj o njihovom ovogodišnjem radu.

U Osijeku djeluje unutar jedinstvenog društva sekcija građevinara koja broji 61 člana. Sekcija je organizirala dva tečaja za polaganje stručnih ispita, održala nekoliko ekskurzija na okolna gradilišta, te uspjelu ekskurziju u Zenicu. I ako se Sekcija nalazi u skučenim prostorijama ipak održava redovne sastanke, diskusije i predavanja.

Vrlo lijep uspjeh pokazuje u svom radu sekcija u Šibeniku. Sekcija se nalazi u novo uređenim prostorijama, koje svi članovi rado posjećuju. Održano je nekoliko predavanja, i osim toga je sekcija organizirala izložbu »Desetgodišnjice građevinarstva NRH«, koja se odnosila na građevnu djelatnost u okolini Šibenika.

Osim ovih podružnica i sekcija postoje još podružnice Sl. Brod, Dubrovnik, Sisak i Lički Osik. Kako te podružnice još nisu održale svoje godišnje skupštine, odnosno nisu nas još obavijestile o svom ovogodišnjem radu, to ćemo se na njih osvrnuti jednom drugom prilikom.

Novoizabrani predsjednici i tajnici u podružnicama i sekcijama su ovi: U Zagrebu Ing. Josip Klepac i Ing. Antun Strmac, na Rijeci Ing. Ivo Ivanišević i tehn. Nikola Carević, u Splitu Ing. Mirko Karlovac i Ing. Petar Dešković, u Puli tehn. Petar Pancun i Ing. Đorđe Jovetić, u Šibeniku Ing. Nada Šilović i tehn. Ante Kelava, u Ogulinu tehn. Filip Kršul i Ing. Milan Kružičević, u Osijeku Ing. Ljudevit Pelcer i tehn. Vilim Bauer, u Zadru Ing. Boris Petravić i tehn. Ivan Car.

L. Z.

KRATAK OSVRT NA ODRŽANI PRVI TEČAJ »CEMENT i BETON«

Ing. Zvonko Špringer
Zavod za ispitivanje gradiva AGG fakulteta u Zagrebu

U razdoblju od 11. do 23. II. 1957. održavao se je I. tečaj za dopunsko stručno obrazovanje inženjera i tehničara pod naslovom »Cement i beton«. Tečaj je organiziran na inicijativu Podružnice Društva građevinskih inženjera i tehničara u Zagrebu. Za vrijeme trajanja tečaja od 2 tjedna održano je ukupno 52 sata predavanja, 14 sati vježbi u laboratoriju Zavoda za ispitivanje gradiva, a 8 sati je utrošeno na posjete tvornici cementa »Sloboda« u Podsusedu i gradilištu mosta u Trnju, Zagreb (poduzeće »Mostogradnja« Beograd).

Od ukupnog broja tečajaca, kojih je bilo 27, bilo je 20 tehničara i 7 inženjera. Prosječna starost polaznika tečaja ne prelazi 30 godina. Prosječni radni staž iznosi 3—4 godine. Iz N. R. Makedonije bilo je 6 tečajaca; svi ostali su iz N. R. Hrvatske (21 tečajac), od čega 9 iz zagrebačkih poduzeća. Većinom su tečajci bili iz građevinske operative, uz iznimku triju tečajki iz tvornice cementa iz Pule.

Predavača je bilo ukupno 16, što je sigurno nešto prevelik broj, no to je bila posljedica kratkog roka, koji je stajao organizatoru na raspolaganje, a predavačima za pripremu predavanja i dr. Predavanja su uglavnom bila popraćena nizom projekcija, a prikazana su i 4 stručna filma u dva navrata. Zasada nije bilo predviđeno štampanje predavanja u obliku skripata, no po želji predavača i mogućnostima organizatora podijeljene su ili će se naknadno dostaviti svima tečajcima pojedine kopije dijagrama i shema. Organizator tečaja je predvidio bibliografsko sređivanje i objavljivanje svih domaćih članaka i literature iz područja, koje je bilo predmetom ovoga tečaja, u obliku posebnog otiska, koji će biti pristupan svakome. Kako taj rad zahtijeva dosta vremena, to će se pravodobno objaviti u ovom časopisu, dovršenje i štampanje tog bibliografskog pregleda.

Ovaj je tečaj trebao biti po svom općem sadržaju o temi »Cement i beton« uvod u niz tečaja sličnoga sadržaja i obilježja. Osnovno je bilo ustanoviti interes za ovakove tečajeve te potaknuti tečajce i dati osnovne smjernice za daljnji rad i produbljivanje toga gradiva. Sadržaj i teme za takove tečajeve dobit ćemo od samih tečajaca, t. j. kao rezultat interesa i potreba, prvenstveno naše građevinske operative. Tako i treba shvatiti ovaj prvi tečaj: kao u s p o s t a v l j a n j e jedne korisne i potrebne prakse sa svrhom proširenja znanja, iskustva i izmjene mišljenja. U krajnjoj liniji, u nastavku takvih tečaja mogao bi se uklopiti i t. zv. postdiplomski studij pojedinih specijaliziranih poglavlja. Daljnji, napose mnogo bolji i konkretniji kontakt između izvođača t. j. operativnih stručnjaka, projektanata i nastavnika naših stručnih škola doprinijet će poboljšanju i proširenju ovih tečajeva kako po sadržaju tako i po opsegu. Treba naročito istaknuti volju i zalaganje predavača ovoga tečaja, koji su u zbilja kratkom roku i sa mnogo volje i pažnje pripremili svoja predavanja i time znatno doprinijeli uspjehu ovoga prvoga tečaja. A da smo u tome, bar za početak, dobro uspjeli, svjedoči i znatan interes po broju prijava te pažnja i interes, koji su pokazali naši prvi tečajci.

Naredni, t. j. *II. tečaj* istoga opsega i sadržaja, održat će se u razdoblju od *25. II. do 9. III. 1957. godine.* Iako postoji već znatan broj prijava, tako da bi se i treći tečaj mogao održati, ipak ga zasada ne ćemo održati. Treba prvo srediti utiske, prigovore, pregledati razne želje i mišljenja te dopuniti ili skratiti pojedina poglavlja i t. d. U narednom broju ovoga časopisa dat ćemo detaljniji osvrt na oba održana tečaja s temom »Cement i beton«.

TEČAJ IZ GEOMEHANIKE

Od 11.—23. II. o. g. održan je u Zagrebu tečaj iz geomehanike. Organizaciju i sprovedbu tečaja izvršilo je Društvo Građevinskih inženjera i tehničara NR Hrvatske. Na tečaju su obrađene slijedeće teme: 1) Terenski istražni radovi, 2) Identifikacija i klasifikacija tla, 3) Fizikalne i mehaničke osobine tla, 4) Dimenzioniranje krutih i fleksibilnih kolnika, 5) Dozvoljeno opterećenje tla, 6) Slijeganja tla, 7) Stabilnost pokosa, aktivni potisak i pasivni otpor tla.

Ove teme predavali su predavači: Prof. dr. ing. Lujo Šuklje, Tehn. visoka škola Ljubljana, Ing. Ivo Sovinc, Tehn. visoka škola Ljubljana, Prof. ing. Stjepan Szavits Nossan, AGG fakultet Zagreb, Prof. Milan Herak, Rudarski fakultet Zagreb, Ing. Nikola Horvat, AGG fakultet Zagreb, Ing. Ervin Nonveiller, Geoistraživanja, Zagreb, Ing. Antun Strmac, Geoistraživanja, Zagreb, Ing. Josip Domitrović, Geoistraživanja, Zagreb, Ing. Mirko Matasović, Geofizika, Zagreb.

Tečaju je prisustvovalo 22 polaznika od toga 4 tehničara i 18 inženjera. 19 polaznika je bilo iz NR Hrvatske, 2 iz Slovenije, 1 iz Autonomne Pokrajine Vojvodine.

Predavanja tečaja održavala su se u dvorani Zavoda za geotehniku Tehničkog fakulteta u Zagrebu, a praktični laboratorijski dio u laboratoriju poduzeća Geoistraživanja — Zagreb. Prema anonimnoj anketi provedenoj među samim polaznicima, može se reći, da je tečaj dobro uspio, i da je svakako željena svrha s njime postignuta. Svladavanje gradiva je za polaznike predstavljalo prilično tešku zadaću, budući su mnogi o toj materiji znali vrlo malo, gotovo ništa.

Glavna sugestija polaznika nakon kursa odnosila se na izdavanje potrebnih skripata i podloga, kako bi učesnici mogli bolje pratiti izlaganja predavača. Polaznici su također izrazili želju, da se u tečaju provede još više praktičnog rada, t. j. razrade konkretnih numeričkih primjera za svaku od teoretskih postavki.

Svotom od 8.000.— Din, koju je svaki učesnik uplatio prije polaska tečaja, u potpunosti su pokriveni svi troškovi organizacije i sprovedbe tečaja.

Društvo građevnih inženjera i tehničara NRH nastojat će tokom slijedećih 2—3 mjeseca održati još jedan kurs, pa se stoga moli sve interesente, da se pismeno obrate na Društvo građevinskih inženjera i tehničara Hrvatske, Zagreb, Berislavićeva ul. 6.

A. S.

Bibliografija

NAŠE GRAĐEVINARSTVO — god. XI. br. 3. mart, 1957. Beograd: G a r e v s k i, K u j u n d ž i ć, R a d o s a v l j e v i ć: Dovodni tunel pod pritiskom HE Vrutok. II. — B e d e k o v i ć: Ocjena potrebe bitumena u asfaltima. — V j e t r o v: Vatrostalni beton. — Društvene vijesti.